# RELATÓRIO PARCIAL DA III EXPEDIÇÃO CIENTÍFICA DO BAIXO SÃO FRANCISCO

**ORGANIZAÇÃO:**

**Prof. Dr. Emerson Soares- Ph.D – UFAL**

**Financiadores e patrocinadores:**

**Janeiro de 2021.**

**1. Objetivos do projeto**

**Objetivo geral**

Elaboração de um grande programa de biomonitoramento participativo e multidisciplinar, envolvendo aspectos como educação ambiental e social na região do Baixo São Francisco, possibilitando propor ações que mitiguem os impactos negativos na saúde das populações ribeirinhas, na pesca, poluição aquática, hidrologia, turismo de base comunitária, desmatamento e assoreamento, patologias e parasitologia de peixes, presença de metais pesados e pesticidas na água e no pescado e sua influência na qualidade dos pescados, efeitos da cunha salina para a população e para as culturas, proporcionando um padrão ambiental e bem estar para o ecossistema e fauna aquática, além de encontrar soluções através da tecnologia e ciência, utilizando de unidades demonstrativas nas áreas de tratamento de efluentes, turismo sustentável, educação ambiental, manejo do solo e sistemas agroflorestais, além de extratos de plantas da caatinga, proporcionando geração de renda e qualidade ambiental para populações ribeirinhas e comunidades de assentados no Sertão Alagoano.

**Objetivos específicos**

**1 - Poluição aquática, Limnologia, geoprocessamento, impactos ambientais, assoreamento e desmatamento**

- ✓ Avaliação de peixes quanto à contaminação com metais pesados;
- ✓ Avaliação da extensão da cunha salina ao longo do rio São Francisco;
- ✓ Análise dos efeitos da água do rio salinizada no solo cultivado e na água de irrigação nas culturas agrícolas;
- ✓ Gestão e disponibilização da Informação espacializada gerada pela Expedição;
- ✓ Realização de um perfil limnológico da calha do Baixo São Francisco;
- ✓ Avaliar a carga de efluentes das culturas presentes no baixo Rio São Francisco;
- ✓ Propor ações e plantio das matas ciliares das margens da calha principal na região no baixo São Francisco, entre os Estados de Sergipe e Alagoas, para dar suporte às atividades de restauração florestal;
- ✓ Incentivar a implantação de projetos de reflorestamento e recomposição de matas ciliares e nascentes na região, em parcerias envolvendo Prefeituras, Associações, Escolas e Órgãos Públicos Federais, Estaduais e Municipais;
- ✓ Promover Educação Ambiental com a participação efetiva das comunidades e escolas ribeirinhas e órgãos públicos, considerando-se além das condições ecológicas, de saúde coletiva, das condições socioeconômicas locais para inclusão das comunidades na proteção do rio São Francisco;
- ✓ Analisar dados limnológicos, poluição aquática e fazer um biomonitoramento da qualidade de água (agrotóxicos, metais pesados e cátions e ânions) em várias estações ao longo do rio;
- ✓ Apresentação de palestras e trabalhos no barco-museu com amostras de material científico para a população.

**2 - Dinâmica de populações, coleção de organismos aquáticos e ictiologia**

- ✓ Monitorar a composição específica da ictiofauna;
- ✓ Caracterizar as relações tróficas dessa comunidade ao longo do trecho de rio;
- ✓ Realizar estudos de reprodução para as espécies mais abundantes e ameaçadas de extinção;
- ✓ Determinar, por espécie, a CPUE em número e biomassa para as artes de pesca empregadas;
- ✓ Coletar dados biológicos, no intuito de determinação do sexo e estado de maturação gonadal;
- ✓ Montar coleção da ictiofauna e do baixo São Francisco;
- ✓ Auxiliar na atualização com dados científicos, das portarias de defeso na região;
- ✓ Propor ações para mitigar os impactos dos apetrechos de pesca e artes de pesca para a fauna aquática e ambiente bentônico

**3 - Biomonitoramento ambiental do Rio São Francisco e robótica ambiental**

- ✓ Desenvolvimento de tecnologias IoT de baixo custo para monitoramento ambiental autônomo.
- ✓ Prototipagem de equipamentos autônomos de baixo custo para monitoramento e comunicação ao longo

do percurso pluvial;
- ✓ Serão testadas novas configurações para os sensores e será instalado computador adicional para a operação dos sensores científicos;
- ✓ Os sistemas dos sensores serão integrados com GPS e relógio;
- ✓ Serão desenvolvidos protocolos de utilização para os sensores visando a uniformização de procedimentos e facilidade de programação;
- ✓ Monitorar variáveis ambientais no Rio São Francisco, com destaque a temperatura da água, pH, batimetria e perfil geológico do leito do rio;
- ✓ Verificar a influência de fatores que afetam variáveis físico-químicas no rio.

**4 - Extensão Rural e pesqueira, perfil socioeconômico das comunidades e tecnologia do pescado**

- ✓ Analisar os problemas ambientais, sociais, econômicos e produtivos da pesca artesanal na região do Baixo Rio São Francisco;
- ✓ Identificação de comunidades rurais nos municípios de coleta de dados;
- ✓ Análise de ações de extensão rural participativa;
- ✓ Definir questões relacionadas aos aspectos socioeconômicos, de manejo produtivo e uso de agrotóxicos;
- ✓ Avaliar a qualidade do pescado vendido nas feiras e mercados das cidades visitadas;
- ✓ Identificar práticas de conservação de pescado nas feiras livres e mercados.

**5 - Genotoxidade, enzimas de estresse, parasitologia de organismos aquáticos e saúde das populações ribeirinhas**

- ✓ Coletar amostras para trabalhos de genotoxicidade e enzimas de estresse em peixes;
- ✓ Avaliar os efeitos de poluentes através da análise de enzimas antioxidante em peixes;
- ✓ Análise dos efeitos de metais pesados presentes nos peixes;
- ✓ Verificar possíveis efeitos genotóxicos das águas do Rio São Francisco e em peixes de interesse econômico coletados durante a expedição utilizando o teste de micronúcleo;
- ✓ Avaliar o bioacúmulo de pesticidas no músculo dorsal dos peixes
- ✓ Identificar possíveis histopatologias nas brânquias e fígado das espécies;
- ✓ Avaliar através de exame de sangue, possíveis índices de agrotóxicos presentes na população ribeirinha;
- ✓ Construir uma base confiável de conhecimento para os parasitas infectantes nas populações de peixes do rio São Francisco;
- ✓ Realizar atendimento e exames médicos nas populações ribeirinhas com intuito de verificar problema de saúde;

**6 - Geração de informações, treinamento de pessoal e seminários**

- ✓ Elaborar relatório técnico para subsidiar as tomadas decisões sobre as ações de contingenciamento e planejamento socioambiental na região do baixo são Francisco;
- ✓ Produzir livro com os dados das três expedições (primeira, segunda e terceira expedições);
- ✓ Publicação dos dados em forma de artigos científicos, cartilhas técnicas, documentários televisivos;
- ✓ Promover seminário de capacitação e oficinas de educação e monitoramento ambiental nas cidades ribeirinhas estudadas;
- ✓ Promover testes com experimentos aplicados nas comunidades, a exemplo de usina solar no meio do rio, teste de biossensores, análises biomédicas de habitantes que vivem nas margens do rio;
- ✓ Montar um programa estratégico de biomonitoramento do Baixo São Francisco;
- ✓ Promover um programa de mestrado em área sustentável agregando ecologia aquática;
- ✓ Propor a construção de um centro de biodiversidade e aquário no Baixo São Francisco.

**7 - Tecnologias sociais e ambientais**

- ✓ Identificar a demanda por tecnologias sociais nas comunidades do baixo São Francisco;
- ✓ Avaliar as dificuldades e impactos, quanto à capacitação das famílias nas tecnologias sociais necessárias;
- ✓ Implantação de sistemas agroflorestais, plantio de árvores nativas e retiradas de extratos de plantas da Caatinga para gerar renda para comunidades ribeirinhas;
- ✓ Implantar modelos de educação ambiental em comunidades e escolas rurais do baixo São Francisco;

- ✓ Implantar 12 unidades demonstrativas nas áreas de turismo de base comunitária, tratamento de efluentes, sistemas agroflorestais e manejo do solo nos municípios de Piranhas- Al, Traipu- AL e Piaçabuçu- AL;
- ✓ Atuar nas linhas de certificação orgânica em duas comunidades de assentados no baixo São Francisco;
- ✓ Atuar na ativação de uma escola de navegação com meninos aprendizes, para navegação com a canoa de Tolda, embarcação símbolo do São Francisco;
- ✓ Implantação dos agentes ambientais voluntários em duas áreas para acordos de pesca no Baixo São Francisco.

# ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE A SITUAÇÃO DO BAIXO SÃO FRANCISCO

## 1 - IDENTIFICAÇÃO DE POSSÍVEIS PONTOS DE LANÇAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO AO LONGO DO BAIXO SÃO FRANCISCO

A presença dessas fontes de poluição muitas vezes associadas ao esgoto doméstico sem seu devido tratamento pode ser prejudicial ao corpo hídrico receptor, prejudicando os demais usos próximos. Dentre as alterações nos corpos d'água há alteração de coloração, odor, eutrofização, comprometimento de balneabilidade, visual estético, proliferação de vetores, comprometimento da fauna e flora (ROSSI *et al.*, 2012).

Os registros fotográficos apontaram uma preocupação quanto ao esgotamento sanitário e quando confrontado com os dados do diagnóstico do Sistema Nacional de Informação sobre o Saneamento Básico evidencia a necessidade de execução de obras de sistemas de coleta e tratamento de esgoto sanitário, mas também de abastecimento de água.

Nota-se pelo Quadro 01 que a maioria dos municípios possuem planos de saneamento, mas em sua maioria não contém serviços de coleta ou tratamento de esgoto, além de baixos índices de abastecimento de água.

Quadro 01- Informações sobre alguns serviços de saneamento básico dos municípios do Baixo São Francisco.

| MUNICÍPIOS | ÍNDICE DE COLETA DE ESGOTO SANITÁRIO 2019 (%)* | ÍNDICE DE TRATAM. DE ESGOTO SANITÁRIO 2019 (%)* | ÍNDICE DE ATENDIM. TOTAL DE ÁGUA 2019 (%)* | PREST. DE SERVIÇO * | PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO** |
|---|---|---|---|---|---|
| Piranhas | 45,48 | 100 | 75,25 | CASAL | Lei Municipal Nº 293/2019 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Pão de Açúcar | --- | --- | 2,28 | CASAL | Lei Municipal Nº 541/2020 |
| Traipu | --- | --- | 27,03 | CASAL | Elaborado não regulamentado |
| Porto Real do Colégio | --- | --- | --- | --- | Não encontrado |
| Igreja Nova | --- | --- | 20,30 | CASAL | Elaborado não regulamentado |
| Penedo | --- | --- | 98 | SAAE | Elaborado não regulamentado |
| Piaçabuçu | --- | --- | 56,57 | CASAL | Elaborado não regulamentado |
| Própria | --- | --- | 98,70 | DESO | Lei Municipal Nº 824/2018 |
| Brejo Grande | --- | --- | 83,04 | DESO | Lei Municipal Nº 149/2019 |

Siglas: Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO); Companhia de Abastecimento D'Água e Saneamento do Estado de Alagoas (CASAL); Serviço Autônomo de Água e Esgotamento (SAAE).

*Fonte: a partir de Brasil (2020) **Fonte: Comitê de Bacia Hidrográfica do rio São Francisco e site das respectivas prefeituras.

Investimentos em serviços de saneamento básico não só resultam em melhores qualidades de água, assim aumentando sua disponibilidade diante as previsões de escassez hídricas, mas envolvem promoção de saúde aos moradores desses locais (FOLLADOR *et al*., 2015).

Os registros não só evidenciaram a grande quantidade de fontes de poluição ao longo das margens dos municípios visitados, mas também outros problemas de cunho socioambiental como a ocupação da mata ciliar, a vulnerabilidade de residências e da população que residem nas margens, a disposição incorreta de resíduos sólidos entre outros. Destacando assim a necessidade de ações integradas para a região do Baixo São Francisco.

## 2 - HISTOPATOLOGIA DAS BRÂNQUIAS E FÍGADO DE SEIS ESPÉCIES DO BAIXO SÃO FRANCISCO

A contaminação hídrica do Rio São Francisco é um desafio que envolve relações complexas devido às múltiplas fontes de poluição que comprometem a qualidade da água e consequentemente a saúde dos peixes (RODRIGUES et al., 2004). Com auxílio da histopatologia é possível analisar os efeitos da exposição de peixes a contaminantes, fornecendo subsídios para diagnósticos de impactos ambientais, além de auxiliar no

estudo da relação direta entre os agentes e os efeitos celulares e teciduais por eles provocados (CENGIZ; UNLU, 2006).

Devido à escassez de informações sobre alterações patológicas celulares causadas pela contaminação ambiental nos peixes do baixo São Francisco, a pesquisa objetiva investigar a morfologia das células do fígado e das brânquias e identificar respostas através de biomarcadores histopatológicos em amostras dos peixes que habitam essa região. Esses estudos são indispensáveis para o entendimento da contaminação em organismos aquáticos e podem fornecer importantes subsídios para pesquisas sobre detecção de impactos ambientais.

Para realização das análises histológicas, foram retirados fragmentos do fígado e das brânquias e acondicionados em tubos de eppendorf de 2mL. Posteriormente realizou-se a desidratação em série alcoólica crescente a 80 e 90% (10 minutos cada) e três banhos de 10 minutos cada em álcool etílico a 99%. As amostras foram infiltradas, à temperatura ambiente, primeiro em um banho de 24h em uma mistura de historesina (Leica®) e álcool (1:1) e depois mantidas imersas em historesina pura por mais 24h. O material foi incluído em historesina e transferido para moldes de polietileno (histomold) e mantidos em temperatura ambiente até a polimerização completa dos blocos. Cortes semifinos com 5 μm de espessura serão obtidos em micrótomo rotativo com navalhas de aço inox.

Os cortes serão transferidos para lâminas histológicas, que serão colocadas em placa aquecida a 40 °C por 15 minutos para que as secções de historesina ficassem distendidas e aderidas à lâmina. Posteriormente, os cortes serão corados com hematoxilina de Harris, por 30 minutos, lavados em água corrente por 5 minutos, corados com eosina por 30 segundos e lavados novamente. Para proteção do material, lamínulas serão aderidas às lâminas usando bálsamo do canadá como meio de montagem. Em seguida, o material será fotografado em microscópio de luz com câmera digital seguindo o protocolo vigente do laboratório de microscopia/CECA.

Figura 1. Separação das amostras de fígado e brânquias pelo grupo de pesquisa do Laqua.

Para estudos histoquímicos, algumas lâminas serão separadas antes de serem coradas e realizados testes por meio da reação do reativo de Schiff (PAS) e do corante Alcian Blue. As reações de PAS permitem evidenciar a presença de polissacarídeos neutros, que possuem grupo glicol em suas estruturas. O corante Alcian Blue (AB) é utilizado para detecção de glicoconjugados ácidos. As lâminas prontas serão fotografadas em microscópio de luz e estruturas celulares do fígado e brânquias serão analisadas.

A etapa atual do trabalho é a fase de cortes dos blocos para preparação das lâminas histológicas e posterior análise.

Dentre os espécimes analisados, 93% apresentaram algum tipo de alteração no paquênquima hepático e 53% apresentaram alterações branquiais. O tecido intestinal se mostrou semelhante ao de outras espécies de peixes teleósteos, entretanto, diferenças no arranjo das vilosidades foram observadas.

Esses resultados permitiram concluir que através da histopatologia é possível avaliar se os organismos aquáticos passaram por algum evento com agentes estressantes. Através das alterações histopatológicas encontradas nos peixes coletados no Baixo São Francisco, verificou-se que a maioria dos peixes coletados, não estavam saudáveis.

É de extrema importância estudos sobre a histologia do fígado, brânquias e intestino das espécies do Baixo São Francisco, que analisem, em sua extensão, os órgãos que tem contato direto com agentes contaminantes. Todas essas informações mostradas no estudo são essenciais para subsidiar trabalhos de manejo das espécies e para o conhecimento do status sanitário dos peixes da região.

A histologia das brânquias do Tucunaré coletado no município de Piranhas e da Carapeba coletada em Piaçabuçu apresentou resultado similar, com hiperplasia e aneurisma nas lamelas secundárias. Contudo, no Tucunaré também foi observada fusão lamelar, sendo a espécie que mais apresentou alterações histopatológica dentre as analisadas no estudo (Figura 4A-B).

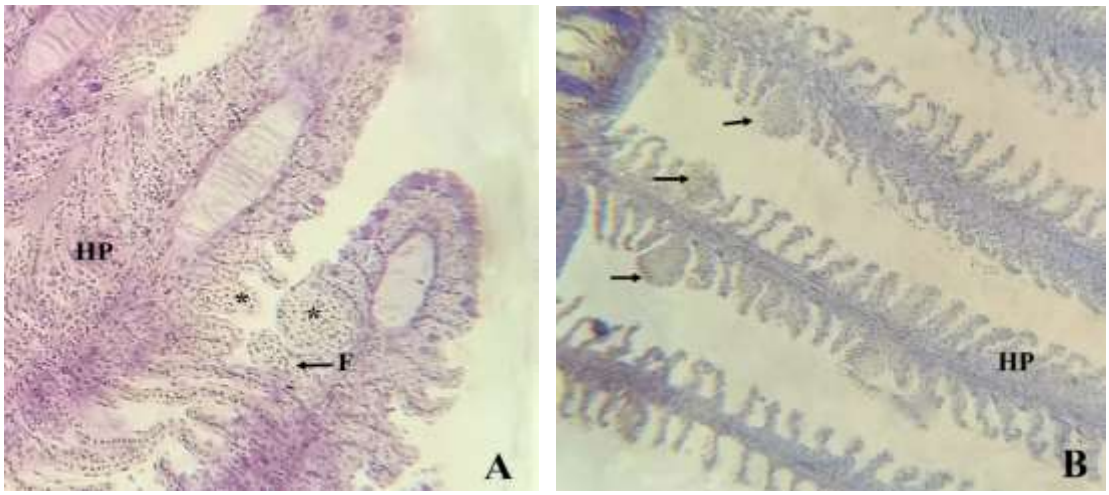
A espécie de Pacu coletado em Penedo mostrou sinais de fusão das lamelas associadas a hiperplasia epitelial, semelhante às amostras de Tambaqui coletados em Propriá, além de desarranjo na organização das lamelas secundárias (Figura 4C, 5E). Segundo Rigolim-Sá (1998), a proliferação do epitélio respiratório, assim como a hiperplasia maciça e fusão lamelar, dentre outras mudanças, são mecanismos de defesa das brânquias, que promovem o aumento da barreira água-sangue.

As observações microscópicas realizadas nas amostras de Pirambeba e Piau Branco coletados em Propriá e Igreja nova, respectivamente, evidenciaram hiperplasia e diminuição da região interlamelar (Figura 5D, E), caracterizada por multiplicação celular sobre a superfície respiratória dos peixes, podendo causar deslocamento do epitélio respiratório (Machado, 1999), como observado no Pacu coletado em Penedo (Figura 4F). A fusão das lamelas secundárias e hiperplasia interlamelar são fenômenos examinados quando a exposição a fatores irritantes é crônica (Strzyzewska et al., 2016), causando diminuição das superfície respiratória-excretora das brânquias, prejudicando sua função.

Respostas histopatológicas nas brânquias funcionam como mecanismos de defesa, pois diminuem a área de superfície vulnerável da brânquia e podem aumentar a barreira de difusão ao poluente (Erkmen; Kolankaya, 2000; Garcia-Santos et al., 2007). Contudo, ao dificultar o acesso do poluente prejudica a realização de trocas gasosas (Mcdonald; Wood, 1993).

É sabido que ocorre aplicação excessiva de produto químicos na agricultura da região do Baixo São Francisco, onde diversos agentes considerados tóxicos são despejados nos rios e corpos d´água e encontrarem-se dissolvidos na água. Tais compostos inevitavelmente entrarão em contato com os filamentos branquiais e com as lamelas respiratórias e, em altas concentrações, poderão alterar a morfologia normal das brânquias (Luvizotto, 1994)

Diferentes cenários relativos a fatores ambientais podem ter interferido nos resultados do presente trabalho. Alterações histopatológicas verificadas nas brânquias dos peixes coletados na região do São Francisco assemelham-se a alterações comumente relacionadas à exposição a contaminantes de efluentes antropogênicos (Lehmann, 2018), e as anormalidades observadas nas brânquias podem refletir os impactos biológicos de mistura de poluentes presentes nessas áreas.



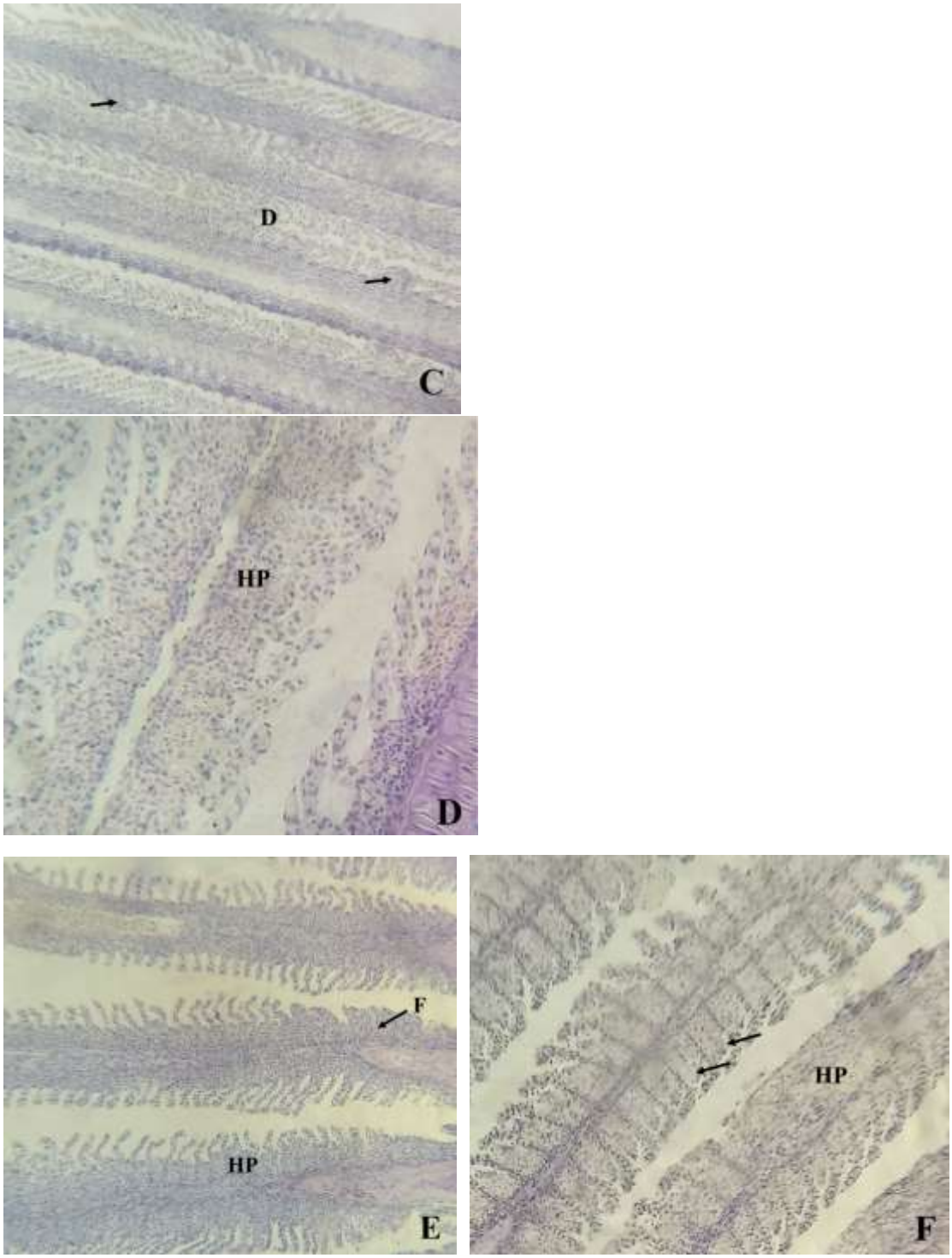



**Figura 2**. Fotomicrografia das alterações celulares encontradas nas brânquias dos peixes coletados no Baixo São Francisco. HE, obj. 40x. A) Tecido branquial de Tucunaré, apresentando hiperplasia (HP), fusão das lamelas secundárias (F) e dois aneurismas (*). B) Carapeba com hiperplasia (HP) e diversos aneurismas (setas). C) Tambaqui mostrando desarranjo dos capilares (D) e fusão lamelar (setas) D) Piau Branco com hiperplasia (HP). E) Pirambeba com hiperplasia (HP) e fusão lamelar (F). F) Pacu com hiperplasia (HP) e deslocamento epitelial (setas). Espécimes coletados em Piranhas, Piaçabuçu, Propriá, Igreja Nova, Propriá e Penedo, respectivamente.

*Análise histoquímica PAS do fígado e brânquias*

A análise histoquímica detectou que somente as brânquias apresentaram reação positiva ao reativo de Schiff (PAS), isso ocorre pela provável produção de mucosubstâncias pelas células. As amostras que reagiram positivo ao PAS foram Tunucaré e Piau branco coletados em Piranhas, Pacu coletado em Pão de Açúcar e o Tambaqui coletado em Propriá. Não foram observadas diferenças na intensidade de reação ao PAS, todas as amostras se mantiveram moderadas (FIGURA 5A-D).

Lima et al. (2009) e Díaz, García e Goldemberg (2005) verificaram característica semelhante encontrada nas brânquias de *Steindachnerina brevipinna* (Characiformes, Curimatidae) e *Cynoscion guatucupa* (Perciformes, Sciaenidae), sugerindo que esse resultado indica um controle na acidez do conteúdo da secreção mucosa. Contrapondo-se a esse resultado, Breseghelo et al. (2004) e Reis (2009) afirmam que maior produção de glicoproteínas pelas células mucosas ocorre em situações de maiores stress, já que o muco contribui para proteção do animal quanto às flutuações dos parâmetros físicos, químicos e biológicos do ambiente aquático.

É importante ressaltar que as amostras analisadas dos peixes Tucunaré (Figura 5A), Pacu (Figura 5C) e Tambaqui (Figura 5D) coletados em Piranhas, Pão de Açúcar e Propriá, respectivamente, apresentaram outras alterações celulares nas brânquias, além da reação PAS positivo, sugerindo que tais espécies entraram em contato com substâncias tóxicas ou agentes irritantes como pesticidas orgânicos, metais pesados ou despejos industriais.

Apesar de terem sido observado vacúolos nas amostras do fígado de algumas espécies de peixes, nenhum dos constituintes do parênquima hepático apresentou reação positiva para PAS. A ausência de glicogênio nos vacúolos dos hepatócitos demostrado pelo método PAS sugere que a vacuolização pode estar relacionada com um processo degenerativo, pois os vacúolos normalmente contêm glicogênio e lipídeos que atuam como reserva de glicose para fornecer energia para os animais em situações de stress (Camargo; Martinez, 2007).

Mesmo não sendo possível observar os sinais de estresse aos quais peixes foram submetidos no seu habitat, sabe-se que alterações na biologia das células e tecidos ocorrem quando animais são submetidos a um grau importante de estresse em longo prazo (Mallatt, 1985; Reis, 2009).

## 3- COLETA DE ÁGUA PARA DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA COM FINS DE IRRIGAÇÃO

Das principais propriedades que determinam a qualidade da água para irrigação, a quantidade de sais solúveis é um fator limitante ao desenvolvimento da grande maioria das culturas (BERNARDO, 1987). A influência desses sais pode ser expressa através da Razão de Adsorção de Sódio (RAS).

A RAS é um importante índice de qualidade da água para irrigação, em relação a presença do íon sódio, e é a melhor característica para avaliar o problema de sódio nos solos, levando em consideração também as concentrações dos íons cálcio e magnésio, expressando a possibilidade da água provocar a sodificação do solo. (FAGERIA, 1989)

Quem introduziu o conceito de RAS como índice para classificar a irrigação foi RICHARDS em 1954, e ainda continua sendo um importante meio para determinar a qualidade da água usada para irrigação.

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo analisar e determinar a qualidade da água da região do BSF para fins de irrigação com o auxílio da RAS e classificar os riscos de seu uso com base na metodologia proposta por Richards, visando disponibilizar informação para que possa ser feito um melhor uso da água utilizada.

As amostras foram coletadas próximas às duas margens e na região mais central do rio, em cada ponto foi efetuada a coleta superficial e com profundidade, na coluna d'água, com auxílio de garrafa de Van Dorn. A água coletada foi transferida para frascos de polietileno de 500 mL previamente limpos, devidamente identificados, armazenados em caixa térmica contendo gelo e transportada até a embarcação principal, onde foram filtradas em filtros de 0,45µm e congeladas até o momento de análise (Figura 2).

Para a medida de condutividade elétrica (CE) foi utilizada a sonda multiparâmetro YSI EXO1 (Figura 2), a determinação foi executada *in loco* no momento da amostragem. A determinação dos cátions foi feita em cromatógrafo íons no laboratório da Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO).

**Figura 2.** Imagens representativas das atividades de campo.

Como indicativo de qualidade de água para irrigação as amostras serão classificadas quanto ao Perigo de Salinidade, com base na CE e o Perigo de Sodificação (Alcalinização), com base na Relação de Adsorção de Sódio (RAS), que é obtida através da equação a seguir:

$$RAS = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

Onde a concentração dos cátions precisa ser expressa em miliequivalente por litro (meq/L).

Como resultado do estudo é esperado obter a classificação quanto ao perigo de salinidade e o perigo de sodificação da água, através dos valores da RAS e da CE obtidas para cada ponto, essa classificação será obtida utilizando o diagrama apresentado na (Figura 3).

Através do diagrama é possível indicar para o melhor uso da água, onde segundo (RICHARDS, 1954);

- C1 - Água de baixa salinidade (com menos de 250 micromhos/ cm de condutividade elétrica): pode ser usada para irrigação na maior parte dos cultivos em quase todos os tipos de solo, com pouca probabilidade de desenvolver problemas de salinidade;

- C2 - Água de salinidade média, com conteúdo de sais entre 250 e 750 micromhos/cm: pode ser usada sempre que houver um grau moderado de lixiviação. Plantas com moderada tolerância aos sais podem ser cultivadas, em muitos casos, sem necessidade de práticas especiais de controle da salinidade;
- C3 - Água com alta salinidade, com conteúdo de sais de 700 a 2.250 micromhos/cm: não pode ser usada em solos com drenagem deficiente e mesmo com drenagem adequada, podem ser necessárias práticas especiais para controle de salinidade e só deve ser aplicada para irrigação de plantas tolerantes aos sais;
- C4 - Água com salinidade muito alta, com mais de 2.250 micromhos/cm: não pode ser usada em condições normais, apenas ocasionalmente, em circunstâncias muito especiais, tais como em solos muito permeáveis e plantas altamente tolerantes aos sais.
- S1 - Água com baixo teor de sódio: pode ser usada para irrigação em quase todos os solos, com pouco perigo de desenvolvimento de problemas de sodificação;
- S2 - Água com teor médio de sódio: estas águas só devem ser usadas em solos de textura arenosa ou em solos orgânicos de boa permeabilidade, uma vez que em solos de textura fina (argilosos) o sódio representa perigo;
- S3 - Água com alto teor de sódio. Pode produzir níveis tóxicos de sódio trocável na maior parte dos solos, necessitando assim de práticas especiais de manejo tais como: drenagem, fácil lavagem, aplicação de matéria orgânica;
- S4 - Água com teor muito alto de sódio. É geralmente inadequada para irrigação exceto quando a salinidade for baixa ou média ou o uso de gesso ou outro corretivo torne possível o uso dessa água.

## 4 -VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E TEMPERATURA DA ÁGUA DO RIO NA 3ª EXPEDIÇÃO CIENTÍFICA DO BAIXO SÃO FRANCISCO.

O Baixo São Francisco predomina um clima semiárido, na qual o manejo de água via irrigação é fundamental para a produção vegetal, que está associada à

segurança alimentar e geração de renda dos agricultores rurais (PBMC, 2012). Nesse cenário, o monitoramento das variáveis atmosféricas tem aplicação prática na determinação da quantidade de água necessária para os cultivos, otimizando, assim, o uso desse recurso.

Nesse contexto, as medidas da radiação solar global (total) e outras variáveis meteorológicas são fundamentais em várias áreas de interesse da sociedade, tais como: caracterização ambiental, simulações de cenários climáticos futuros, demanda hídrica, evapotranspiração, planejamento de instalações para o aproveitamento da energia solar, modelos de crescimento e de produtividade de cultivos agrícolas etc.

Em superfícies aquáticas, dentre os diversos elementos meteorológicos, a radiação solar também é o que apresenta maior importância, sendo a responsável pela distribuição de calor na massa de água, participando também dos processos de evaporação e no processo de estratificação térmica (Ferreira e Cunha, 2013). A temperatura da água é uma variável importante no controle ambiental, sendo uma resposta das condições do meio (Percebon et al., 2005). A variação da temperatura das águas de rios pode ter origem em processos naturais, como variações (diárias e sazonais) da temperatura do ar e da incidência da radiação solar e da redução (ou aumento) de vazão, ou processos antrópicos diretos, como a descarga de efluentes.

Assim, este trabalho teve por objetivo monitorar e analisar as variáveis meteorológicas e a temperatura da água do Baixo São Francisco, durante a Expedição Científica.

As observações da radiação solar (Figura 1A) foram feitas através de um piranômetro (modelo CM3, Kipp & Zonen) o qual foi previamente calibrado por um piranômetro de segunda classe especificado pelo ISO 9060 (modelo CMP 21, Kipp & Zonen). As medidas de irradiância solar global (Watt por metro quadrado – $W\ m^{-2}$ ou $J\ s^{-1}\ m^{-2}$), com médias de um em um minuto, foram integradas a cada hora (irradiação solar global horária e diária (Hg, Watt-hora por metro quadrado – $Wh\ m^{-2}$).

A temperatura do ar (Ta) foi monitorada por um termômetro (Probe 107, *Campbell Scientific*) instalado no abrigo apropriado para o sensor ser protegido da incidência de radiação solar. A velocidade do vento foi mensurada por um anemômetro do tipo de conchas, também instalado no piso superior do barco, conforme é visualizado na Figura 1.

A temperatura da água do rio foi monitorada através de um termômetro (Probe 107, *Campbell Scientific*), no qual ficava próximo a superfície da água (completamente submerso). Vale ressaltar que os sensores de temperatura utilizados são robustos e precisos, com a capacidade de medir a temperatura do ar, do solo ou da água de -35 a + 50 °C e com um erro menor ou igual a 0,01 ºC (Campbell Scientific, 2020).As medições de temperatura do rio só eram realizadas quando a embarcação estava atracada (Figura 2).

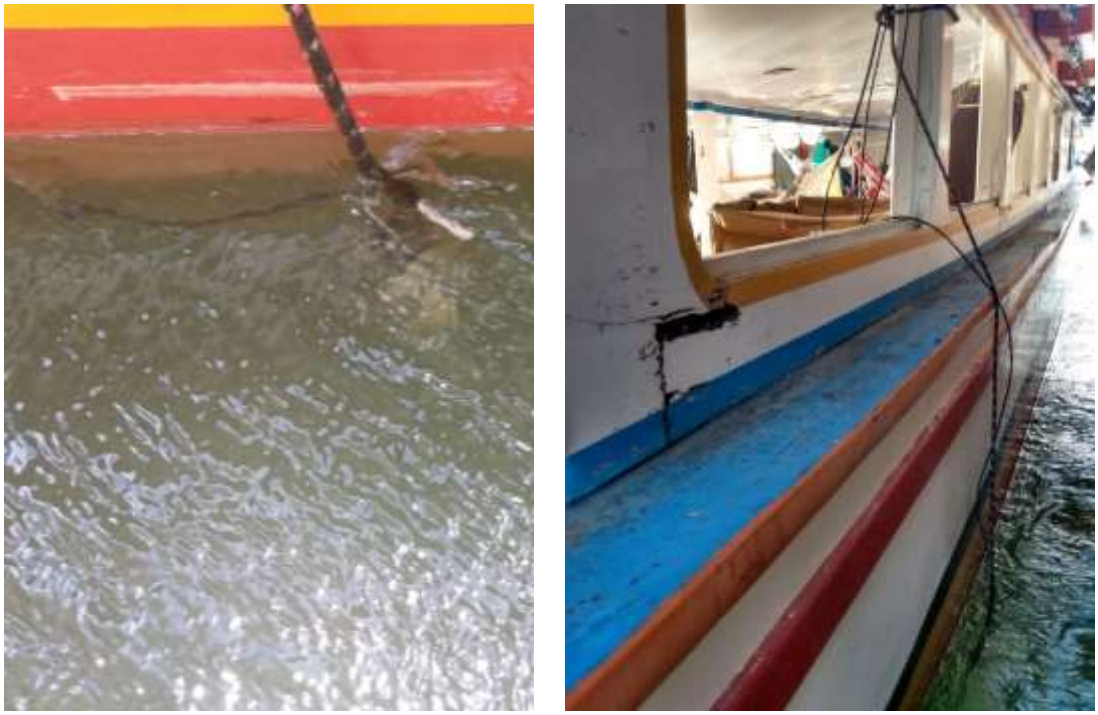


Figura 2. Monitoramento da temperatura da água do Rio na 3ª Expedição Científica do Baixo São Francisco.

**Resultado Esperados**

A análise parcial das informações obtidas durante o período da expedição científica, resultou em índices satisfatórios em relação a irradiação solar (Figura 3). Os gráficos (Figura 3A a 3I) apresentados demostram a variação da irradiação solar global horária no período de nove dias da expedição, tendo o valor máximo horário de 1412,67 Wh $m^{-2}$ sido alcançado no sexto dia na região de Penedo/AL e o valor mínimo de 17,50 Wh $m^{-2}$ ao final do nono dia, tendo a média do período de 609,82 Wh $m^{-2}$. No terceiro dia foi observado índices menores de irradiação solar ao longo do dia, este fato se deve a causas relacionadas a nebulosidade ao longo do dia.

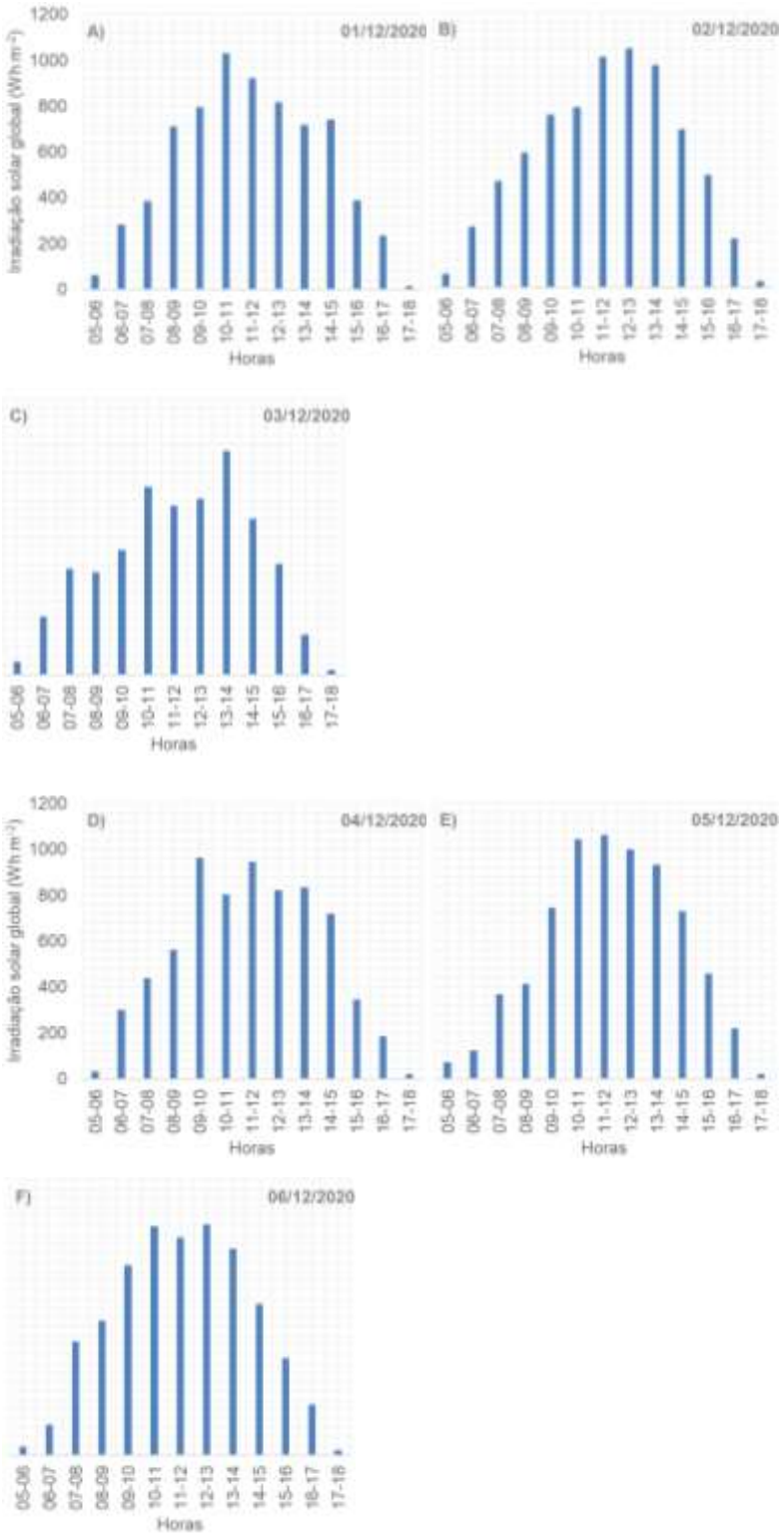



Tabela 1. Irradiação solar global horária na região do baixo São Francisco durante a 3ª Expedição Científica do Baixo São Francisco.

| DADOS | Média (Wh $m^{-2}$) | Máximo (Wh $m^{-2}$) | Mínimo (Wh $m^{-2}$) |
|---|---|---|---|
| **01/12/2020** | 605,59 | 1306,83 | 40,05 |
| **02/12/2020** | 627,58 | 1264,20 | 26,68 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **03/12/2020** | 546,53 | 1320,79 | 22,93 |
| **04/12/2020** | 594,03 | 1350,93 | 19,99 |
| **05/12/2020** | 612,18 | 1224,51 | 45,05 |
| **06/12/2020** | 618,26 | 1412,67 | 27,56 |
| **07/12/2020** | 626,31 | 1212,01 | 27,56 |
| **08/12/2020** | 612,42 | 1261,99 | 47,55 |
| **09/12/2020** | 645,50 | 1182,61 | 17,49 |
| Média | 609,82 | 1281,84 | 30,54 |

O sétimo dia e o nono dia da expedição apresentaram melhores desempenho com relação as médias obtidas, sendo crucial para uma boa incidência fatores meteorológicos favoráveis como ausência ou pouca nebulosidade.

Nas Figuras 4 e 5 estão apresentados, os resultados parciais, médias de 30 minutos, da velocidade do vento (m $s^{-1}$) e temperatura do ar (°C) durante a 3ª Expedição Científica do Baixo São Francisco.

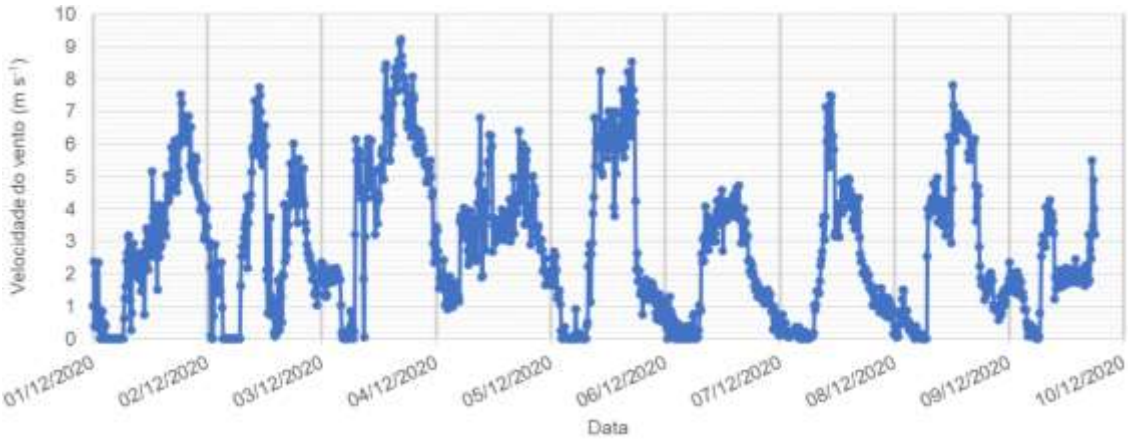



Figura 4. Velocidade do vento, média a cada 10 minutos, durante a 3ª Expedição Científica do Baixo São Francisco.

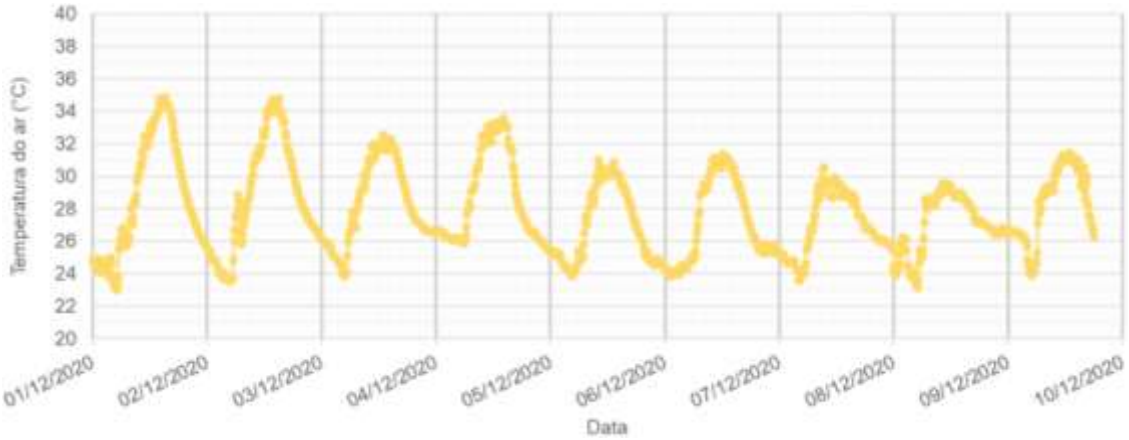


Figura 5. Temperatura do ar (°C), média a cada 10 minutos, durante a 3ª Expedição Científica do Baixo São Francisco.

A temperatura da água máxima na superfície do rio registrada ocorreu no município de Piaçabuçu-AL, com valor médio de 30 minutos igual à 28,8 °C, ocorrido entre as 16:00h e 16:30h do dia 07/12/2020. Também, pode-se observar que, entre os dias de monitoramento, em todos as localidades as temperaturas da água máxima do dia sempre apresentaram valores acima de 28 °C. Já os valores da temperatura mínima da água do rio em todos os dias de registros estiveram acima de 27 °C. Mostrando que, nessa época, tem uma pequena amplitude térmica da água superficial do rio. Assim, a água do rio, termicamente falando, mostrou-se um ambiente estável durante o período da expedição, vale lembrar que grandes variações de temperatura afetam a solubilidade dos gases na água, influenciando assim a decomposição de matéria orgânica, com consequente efeito sobre a qualidade do líquido e sobre a vida de organismos aeróbios aquáticos.

## 5 – TURISMO DE BASE COMUNITÁRIA

A participação e o envolvimento das populações locais no processo de planejamento e gestão devem ser considerados como peça chave para o bem-estar social de uma localidade. Destinos turísticos que almejam um turismo duradouro destacam estratégias que quando arquitetadas de forma coletiva permitem a melhoria dos serviços oferecidos, a preservação das paisagens e da biodiversidade e qualidade de vida para seus moradores.

Nesta perspectiva, a III Expedição do Científica do Baixo São Francisco tem como objetivo realizar o primeiro mapeamento do turismo coletivo em Penedo, Piranhas, Pão de Açúcar, Traipú, Propriá, Brejo Grande e Piaçabuçu. O turismo coletivo é composto por empreendimentos voltados ao desenvolvimento social. Trata-se de experiências calcadas nas necessidades locais como resposta ao turismo de interesses individualistas. O turismo coletivo é um movimento de resistência e união. Sendo um eixo do turismo orientado para a inclusão social. Uma estratégia legítima de sobrevivência em um mercado permeado por visões individualistas. Exemplos de turismo individual são operadoras turísticas multinacionais, agências e hotéis de redes internacionais, redes de restaurantes, aerolíneas, transportadoras de cargas e pessoas, entre outros.

Já na perspectiva do turismo coletivo, estruturam-se serviços realizados por pequenos empreendedores. Associações e cooperativas fazem parte do eixo coletivo. Comunidades, grupos de bairro, vendedores de uma praça turística e feirantes também. Pode-se dizer que o turismo coletivo pressupõe que a população local seja financeiramente beneficiada de forma justa, pela prestação e venda de produtos. Assim, uma ferramenta para reduzir a pobreza.

Nos últimos anos observa-se uma expansão de projetos e empreendimentos de gestão coletiva descritos como gestão comunitária, gestão participativa, etc. As pessoas se organizam em grupos atuantes, movimentos sociopolíticos. Trabalham pelo bem comum em colaboração. O associativismo e cooperativismo são estratégias para o desenvolvimento local, por exemplo. O modelo de turismo coletivo visa construir um contraponto ao turismo especulativo e massivo dos grandes capitais. Este em muitas partes do Brasil, por exemplo, marginaliza de distintas formas a população local. Assim, ocorrendo o processo de descaracterização de comunidades e da cultura local para alocação de infraestrutura turística. Exemplos ocorrem em núcleos nordestinos como a praia de Porto de Galinhas – PE e na Bahia Trancoso, Porto Seguro e Costa de Sauípe. No estado do Alagoas, por exemplo, trata-se de um mercado consolidado em roteiros sol e praia que envolve grupos articulados para garantir seus interesses. O turismo individualista tradicional de empreendedores que ocupam o território é o inverso do turismo coletivo. A população local dentro do processo de gestão do turismo é uma peça chave para o bem-estar social.

Atividades de lazer envolvendo o rio São Francisco e demandas por alimentação são muito importantes para as cidades de Traipú, Pão de Açúcar, Propriá e Brejo Grande. Muitas pessoas da região frequentam estas localidades em busca de experiências gastronômicas, relaxamento e contemplação da paisagem. Excursionismo e visitação são de extrema relevância para a economia local. Pesquisas sobre o tema são fundamentais, pois são fontes para a gestão pública compreender a economia local.

## ILHA DO FERRO EM PÃO DE AÇÚCAR

Possui grande potencial para o turismo coletivo. O artesanato é a principal atividade econômica desta localidade. Com o bordado de Boa Noite, trabalho único no Brasil, manufaturado por mulheres e o artesanato em madeira. Este é um lindo povoado

com pessoas receptivas e carismáticas. Dezenas de casas possuem artesanato. Entretanto, não foi detectada uma infraestrutura completa de alimentação, hospedagem e outros serviços da atividade turística.

**PENEDO**

Cidade completa que possui infraestrutura plena para receber turistas. Ao longo do trabalho de campo foram observados museus, bancos, igrejas, farmácias, supermercados, bares, restaurantes, atelieres de artistas, lojas de souvenirs, hospital, passeios, guias, pousadas, hotéis. A cidade de Penedo-AL é uma cidade portuária e sua história está atrelada a atividade comercial e à exploração do rio São Francisco.

Tombada como patrimônio histórico e artístico- cultural pelo IPHAN em 1995, agrega rico valor histórico e patrimônio arquitetônico. Uma herança da época em que o Rio São Francisco se apresentava como rota principal para os desbravadores europeus. A cidade prosperou até a segunda metade do século XX quando o transporte fluvial entrou em decadência com a construção de rodovias e ferrovias em Alagoas (Diégues, 2006).

A cidade possui uma feira centenária de relação intrínseca com o rio, apresentando alto potencial turístico. São diversos ateliers de artistas locais que trabalham com artesanato, o artesanato em madeira é bastante interessante. Em Penedo, o turista percorre caminhos históricos e desfruta da aquisição de novos saberes sobre arquitetura e história. Na sua orla, restaurantes e quiosques valorizam a paisagem do rio São Francisco. Em Penedo é possível comer bem, saborear os produtos locais e descansar em uma variedade de meios de hospedagem.

**CONCLUSÕES PARCIAIS**

O excursionismo é de alta relevância para a economia da região do Baixo São Francisco. Pesquisas sobre o tema, projetos e políticas públicas são fundamentais para o desenvolvimento social no Baixo São Francisco. Em relação ao tema da pesquisa, o turismo coletivo, não foi identificado nas cidades de Traipú, Brejo Grande e Propriá. O turismo coletivo ainda não está estruturado em Penedo e na Ilha do Ferro-Pão de Açúcar, apesar do grande potencial.

**PIAÇABUÇU**

Uma localidade com enorme potencial para o turismo coletivo. A Associação Aroeira produz produtos comestíveis diferenciados e regionais que valorizam a importância da preservação ambiental e social. Detectou-se o turismo coletivo na Associação Aroeira. Também há uma cooperativa que produz derivados do coco e emprega muitas pessoas do seu entorno. Muitas áreas do entorno são de grande beleza cênica. Piaçabuçu é cidade que oferece infraestrutura ao turista, a mais próxima ao passeio da Foz do São Francisco. Portanto, sua preservação influencia diretamente na proteção do Velho Chico, das matas ciliares e seres que habitam uma zona bem importante do rio. Áreas de pesca são fundamentais para a vida dos ribeirinhos.

Piaçabuçu possui infraestrutura suficiente para atrair turistas. Entretanto, o equipamento hoteleiro necessita de cuidados, ampliação e reforma. Durante o período da Expedição, dezembro de 2020, a cidade estava bastante suja e descuidada. A orla de Piaçabuçu necessita dos olhares da gestão pública. Uma cidade com esse potencial demanda um projeto turístico.

**PIRANHAS**

Turismo consolidado nesta cidade. No centro histórico estão localizados distintos meios de hospedagem, restaurantes, bares, sorveteria, foodtrucks, quiosques, o Museu do Cangaço, Igrejas, diversos pontos turísticos, museu do IPHAN, o mercado de artesanato. Na parte nova de Piranhas, observou-se bancos, meios de hospedagem e alimentação. Cidade charmosa de grande relevância histórica. Possui tombamento pelo o IPHAN. Tem sua origem no século XVIII como pouso de viajantes que percorriam a região. Desde os tempos antigos já oferecia hospedagem aos viajantes. Em 1959 foi visitada pelo Imperador, onde hoje encontra-se pontos turísticos que remetem ao período. A cidade ganhou visibilidade com a navegação a vapor pelo rio São Francisco e a Estrada de Ferro de Paulo Afonso que impulsionou a economia local até 1964.

Também cidade com grande relevância histórica por ser alvo das estórias do Cangaço e a extermínio do Lampião, rei do Cangaço. Piranhas possui beleza natural do lago da usina da hidrelétrica de Xingó, os cânions e a paisagem encantadora do rio São Francisco. O turismo coletivo de Piranhas é composto pela Associação de Bordadeiras de Entremontes.

O relatório final possuíra considerações sobre o turismo na região do Baixo São Francisco e o turismo coletivo. Considera-se a preservação ambiental como condição

básica, uma vez que a população do destino turístico depende diretamente da paisagem bem cuidada e da natureza preservada para manutenção da atividade turística. Os turistas procuram águas limpas e próprias para banho no Baixo São Francisco. As atividades envolvem o rio e a sua paisagem. As orlas das cidades visitadas são cartões postais, de alto valor turístico. Ao pensar a atividade turística é importante lembrar da sua sobrevivência no tempo e a manutenção da cultura local. O turismo quando bem planejado, favorece a economia local, preservação ambiental e a qualidade de vida das pessoas.

## 7 - ATIVIDADE PESQUEIRA NO BAIXO SÃO FRANCISCO

A ocupação territorial no Baixo São Francisco tem uma estreita ligação com a atividade da pesca artesanal. Isso pode ser evidenciado em vários estudos que mencionam essa atividade como tendo sido inicialmente praticada por índios e, depois, por colonizadores e negros quilombolas (MOTT, 1975; RIEPER, 2001; CARVALHO, 2003 *apud* Silva, 2014). Atualmente são mais de 20 municípios ribeirinhos, totalizando cerca de 450.000 habitantes (Nascimento, 2013). Rezende & Oliveira (2015) estimaram entre 16.500 e 19.000 pescadores no BSF, representando cerca de 4% da população total. No entanto, a pesca artesanal nas suas águas, considerada fonte de alimento e sustento para as populações locais, tem sofrido intenso declínio nas últimas décadas. Várias e múltiplas são as pressões econômicas, ecológicas e culturais a que esta atividade está submetida, o que tem afetado enormemente a sua manutenção (ANA, 2007). O Baixo São Francisco vem sofrendo com a interrupção das variações naturais do nível d'água e do comportamento migratório dos peixes, promovidas por hidroelétricas que criaram barreiras e alteraram o sistema hídrico do rio, influenciando na "piracema" (SATO; GODINHO, 2003). Apesar da ausência de estatística pesqueira consistente, a pesca no rio São Francisco mostra sinais evidentes de queda (GODINHO; GODINHO, 2003). Se antes a Bacia do São Francisco era uma importante fonte de pescado para o Nordeste e outras regiões do Brasil, hoje amarga um grave processo de extinção de parte significativa de sua ictiofauna, como o surubim e o pirá.

A pesca está em franca decadência por várias razões: os barramentos, a poluição oriunda dos esgotos domésticos e de atividades agrícolas, a incompatibilidade entre a

operação das barragens e as necessidades ecológicas. A pesca na região sofre, ainda, com a incipiência e dispersão de informações (CBHSF, 2004). Além disso, a falta de gestão contribui com um contínuo e acelerado processo de degradação ambiental. Ações antrópicas de cunho não sustentável prejudicam e alteram de forma negativa os territórios de trabalho dos pescadores artesanais (LIMA, 2020)

Nesse sentido, as Expedições Científicas na região tiveram o objetivo de analisar a situação sobre a realidade atual da tradicional atividade pesqueira na região.

Durante o percurso de Penedo até Piranhas foram registrados vários impactos ambientais com evidentes prejuízos para a produção pesqueira do rio. O desmatamento das margens foi a ação mais percebida durante o percurso (Figura 1). A redução da mata ciliar com consequente assoreamento das margens carregam matéria orgânica para o leito modificando, assim, o habitat do fundo do rio, o que é fatal para determinadas espécies endêmicas.

**Figura 1.** Assoreamento das margens do rio. Foto: Vanildo S. Oliveira

Nas áreas em que a vegetação das margens foi mantida não foram observados sinais assoreamento e sim uma aparente atividade pesqueira (Figura 2), com presença de canoas de pesca e de redes de emalhar em atuação no rio (boias de garrafas PET) (Figura 3).

**Figura 2.** Margens com florestas nas margens preservadas. Foto:Vanildo S. Oliveira

**Figura 3.** Presença de atividade pesqueira nas margens com vegetação. Foto: Vanildo S. Oliveira

*Macrófitas no fundo e superfície do rio*

Também foram observados grande presença de macrófitas aquáticas, tanto na superfície como espécies submersas Egeria Densa (Élodea) e representantes da família Poacea. Essa macrófita traz grandes prejuízos para a atividade pesqueira, uma vez que modifica o substrato do fundo, formando uma cobertura vegetal que impede as redes de chegarem ao fundo. Também causa transtornos para a utilização de redes de emalhar, pois essas macrófitas emalham nas redes aumentando seu peso, fazendo com o pano da rede assente sobre o fundo, comprometendo gravemente a produtividade do aparelho de pesca (Figura 4).

Além disso, a presença da macrófita baronesa *Eichhornia crassipes*, na superfície é prejudicial tanto para a navegação como para a atividade de pesca, pois

ocupa a superfície e tem alto consumo de oxigênio da água, competindo assim com os organismos aquáticos (Figura 5).

**Figura 4.** Macrófitas no fundo do rio, emalhadas nas redes. Foto: Vanildo S. Oliveira.

**Figura 5.** Macrófitas flutuantes. Foto: Vanildo S. Oliveira

*Despejo de esgotos não tratados*

Outro grande impacto na biota do rio é a marcante falta de saneamento básico nas cidades ribeirinhas, causando grandes danos ao ecossistema aquático. Esse fato gera consequências tanto para a população, quanto para ictiofauna, com a água poluída trazendo grandes prejuízos para a atividade pesqueira. Dependendo da concentração de dejetos orgânicos (Figura 6), aliado à diminuição do volume da vazão do rio, a concentração de poluentes pode alterar o desenvolvimento de vários organismos aquáticos. Também pode que resultar em contaminação direta a população, através de lavagem de roupa com águas possivelmente contaminadas ou durante atividades de lazer (Figura 7).

**Figura 6**. Despejo de esgoto diretamente no rio. Foto: Vanildo S. Oliveira

**Figura 7.** Utilização do rio para atividades de lazer. Foto: Vanildo S. Oliveira

*Uso da água para atividade de Irrigação*

Foram observados vários pontos de retirada de água para irrigação, destacando-se as casas de bombas de irrigação para o platô de Neópolis. Também foi registrado bombas para projetos de médio e pequeno porte (Figura 8). A agricultura irrigada traz impactos para vida aquática, principalmente quando realizada próxima da margem, como da retirada de água para o cultivo de arroz, em função da utilização de agrotóxicos, que são carrilhados para o rio causando danos a ictiofauna.

**Figura 8.** Bombas de retirada de água para a irrigação. Foto: Vanildo S. Oliveira

*Criação de gado nas margens do rio*

A pecuária foi uma atividade observada em vários pontos durante o trajeto até Piranhas. Indiretamente, ela resulta em efeitos de assoreamento do rio, uma vez que a mata ciliar é retirada para a plantação do pasto o que, como mencionado acima, gera impactos para a ictiofauna e atividade pesqueira, com o aumento do assoreamento (Figura 9).

**Figura 9**. Criação de gado nas margens do Rio. Foto: Vanildo S. Oliveira

*Criação de peixes em tanques rede*

Essa atividade é recente no rio, e aparece como alternativa para a produção de pescado. No entanto, o fato da maioria dos piscicultores cultivarem espécies como a tilapia e tambaqui, traz preocupações ambientais, quanto a introdução dessas espécies no ambiente. Por outro lado, com a falta da produção de pescado natural do rio, as espécies exóticas, atualmente, representam grande parte da produção de pescado ofertada nas feiras e mercados das cidades ribeirinhas

## CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A região do Baixo São Francisco apresenta uma série de impactos ao longo do curso, com alterações bastante visíveis sobre o rio. A redução das áreas de pesca, por outras atividades tem sido atestada na região. O aumento da poluição do rio, o desmatamento das matas ciliares, a grande descarga de esgotos e a baixa vazão de suas águas, devido ao represamento da hidroelétrica de Xingó, tem causado assoreamento, formação de bancos de areia, destruição de habitats importantes, como as lagoas marginais, com efeitos muitas vezes devastadores sobre os recursos pesqueiros.

Além da evidente total falta de gestão das atividades antrópicas ao longo desse trecho, é preciso também avaliar os efeitos de todas as ações à montante da região. Para tal, se faz necessário e urgente que o rio receba a devida atenção do Estado brasileiro, através de um detalhado estudo e monitoramento de todos os impactos para que sejam, dessa forma, retomadas ações rigorosas de revitalização do rio, as quais sempre foram

abandonadas, sacrificando os reais interesses da sociedade em detrimento do custo político da gestão ambiental e do ordenamento das atividades econômicas.

Os impactos causados pelo assoreamento só podem ser minimizados com fiscalização eficiente. A implantação de programas de reconstituição de matas ciliares e de educação ambiental, principalmente junto às associações de criadores de gado, prefeituras e indústrias seriam as primeiras recomendações. A legislação florestal é clara, mas a fiscalização precisa receber condições políticas, jurídicas, financeiras e de capital humano.

O saneamento básico de água e esgoto precisa passar a ser encarados como prioridades pela gestão pública federal e municipal, bem como por organizações da sociedade civil organizada e moradores, pois afeta não apenas os organismos aquáticos, mas a todos nós, milhões de pessoas usuários do rio ao longo da bacia do rio São Francisco.

Os impactos causados por macrófitas, tanto no fundo como na superfície do rio, devem ser motivos de elaborações de soluções, por parte das autoridades competentes, no sentido de desenvolver projetos de aproveitamento dessas toneladas de materiais orgânicas, uma vez que o rio está margeado por solo com predominância areno-argiloso, ou seja, pobre/rochoso e cristalino, especialmente no sertão, onde essa matéria orgânica poderá ser aproveitada (adubos, cobertura de solo entre safra, complemento de ração, ou mesmo complementação, in natura, como alimento para o gado). A execução de projetos pilotos transformaria esse problema em solução.

A população ribeirinha tem a proteína do pescado como parte importante de sua alimentação, sendo a Xira (curimatã pacu), a espécie atualmente mais valorizada e apreciada no baixo SF. Segundo os pescadores ela é o filé da pesca. Dessa forma, a continuidade e ampliação de programas de repovoamento dessa espécie atendem aos anseios dos pescadores, os quais elogiam essa ação e enfatizam que a liberação de indivíduos com maior tamanho, possibilita a sobrevivência em um ambiente com tantos predadores.

Como o processo de migração das grandes espécies foi interrompido com o barramento do rio, as iniciativas de reintroduzir espécies que raramente ocorrem, ou

desapareceram do baixo SF, devem ser continuadas e ampliadas, com o objetivo de recompor os estoques pesqueiros.

É marcante a carência de Programas de Assistência Técnica às Colônias e pescadores, no sentido de realização de boas práticas de pesca e conservação do pescado.

A pesca no rio sofre influência direta da intensidade da vazão. Em época de chuvas, as condições melhoram sensivelmente para a produção pesqueira. No entanto, em período de seca interanual, como na última com duração de seis anos, a produção de pescado ficou bastante prejudicada, sendo muitas vezes necessário importar peixes para ser atender à demanda nas feiras.

O repovoamento e cultivo de peixes nativos, desenvolvidos dentro dos padrões de sustentabilidade, podem ser alternativas para suprir a necessidade de pescado nesses períodos. Dessa forma, estímulos a projetos que visem o cultivo e desenvolvimento da cadeia produtiva de espécies nativas devem ser estimulados pelas autoridades governamentais.

As coletas realizadas das espécies foram pontuais, o que permite apenas apontar as condições momentâneas da situação da pesca, demostrando algumas tendências de resultados e comportamentos. Por este motivo, é fundamental a realização de um programa de monitoramento contínuo, com vistas ao acompanhamento da atividade e de possíveis alterações, garantindo condições para observações mais amplas, significativas e aleatórias para análise de padrões da pesca.

## 8 - ROBÓTICA E MODELAGEM AMBIENTAL: ESTUDOS DA TOPOLOGIA DE FUNDO DO BAIXO RIO SÃO FRANCISCO

O desenvolvimento de pesquisas na bacia hidrográfica do rio São Francisco sobre as relações da dinâmica eco-hidrológica, da avaliação ambiental integrada e das condicionantes socioambientais contribuirão significativamente para a construção de cenários e de alternativas à tomada de decisão, para tanto se faz necessário a concepção de modelos ambientais robustos e acoplados ao Sistema de Informação Geográfica (SIG) da Expedição Científica do Rio São Francisco.

A utilização de informações obtidas via *side scan*, tanto como base para construção de modelos ambientais mais realísticos para a criação de densa malha de informações georreferenciadas, quanto na prospecção e validação aspectos e características ambientais relevantes, serão fundamentais para a espacialização multidimensional dos resultados das expedições.

**Metodologia**

Na III edição da expedição, de acordo com os resultados dos testes executados na II edição da expedição (Schwertner et al., 2020a e 2020b), foi utilizado o sensor Starfish 450®, que tem a possibilidade de cobrir uma profundidade maior que 100 metros a partir da frequência de 450 kHz (STARFISH, 2010). A visualização, a avaliação e o tratamento preliminar de dados foi realizada em tempo real utilizando-se o *software* StarFish Scanline® (*tritech.co.uk/support-software/starfish-seabed-imaging-systems-scanline* - figura 01). Posteriormente as saídas log do *software* StarFish Scanline® foram convertidas em *eXtended Triton Format* (XTF), e todas as noites durante a expedição, foram realizadas cópias de segurança dos arquivos adquiridos de dia, em HDs Externos e em nuvem no seguinte endereço eletrônico:

*https://drive.google.com/drive/folders/1k_cBl60PtSty7mYfNsli_gA4ZqGnKh5z?usp=sharing*.

**Fig. 01 - Sistema *side scan* Starfish 450®.**

Alguns arquivos de trechos da navegação que denotaram interesse foram analisados previamente pela equipe de pesquisa no barco de apoio com o *software* DeepView FV (*deepvision.se/products/sonar-software*), que possibilitou visualização das informações com mais resolução do que com o *software* StarFish Scanline®.

O sistema *side scan* foi instalado em embarcações de apoio às embarcações principais da expedição. Durante os deslocamentos de Piranhas à Propriá foi utilizada a embarcação catamarã Comendador do Rio (figura 02a), cedida para integrar à Expedição pelo representante do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, Sr Antônio Jackson. Em Propriá, trocou-se de embarcação, pois não foi possível passar pela ponte de Propriá por causa do mastro de vela do catamarã, devido ao rio estar mais cheio. De Propriá até Penedo utilizou-se a lancha da CODEVASF (figura 02b). De Penedo até a região estuarina, contou-se com apoio de lancha da Marinha do Brasil (figura 02c). Captou-se informações via *side scan* no sentido da navegação das embarcações de Piranhas à Foz do Rio São Francisco.

## Resultado Esperados

Entre os dias 01/12/2020 e 09/12/2020 foram obtidos 424 arquivos de log do software *StarFish Scanline*® (.LOGDOC), todos convertidos em arquivo *eXtended Triton Format* (XTF), resultando em mais de 5GB de dados. Os arquivos originais e os arquivos convertidos estão disponíveis em diretório em nuvem:

*https://drive.google.com/drive/folders/1k_cBl60PtSty7mYfNsli_gA4ZqGnKh5z?usp=sharing*.

- Apoio às atividades de mergulho científico:

**Fig. 05 -Atividades de mergulho científico.**

Complementarmente, em apoio aos estudos de arqueologia de ambientes aquáticos, no qual aplicou-se também atividades de mergulho científico (figura 05, executou-se transectos captando-se informações de fundo em locais de naufrágios e sítios arqueológicos submersos já mapeados e em locais cujas características alóctones fossem representativas para os estudos arqueológicos ou em locais onde tenha sido observado, via amostragem do *sidescan* em tempo real, alguma feição ou anomalia de interesse, e, também, apoio com ROV (veículo remotamente controlado) em locações onde o mergulho apresentasse risco de operação.

Com as imagens GeoTIFF a equipe de arqueologia de ambientes aquáticos poderá visualizar as áreas de estudo no SIG em camadas de informações georreferenciadas, podendo utilizar-se dos modelos digitais de elevação e de outras imagens orbitais com as mais diferentes resoluções espaciais aumentando as possibilidades de inferências alóctones aos sítios específicos.

- Apoio às atividades terra-ar:

Desenvolve-se o pós-processamento das informações buscando-se utilizar ferramentas e formatos de arquivos com alta capacidade de integração com SIG da Expedição. Possibilitando ampliar análises ambientais da equipe que desenvolve pesquisas às margens do rio. Por exemplo, na figura 06a a identificação de vegetação submersa pode estar associada a desbarrancamento, na figura 06b a evidência de remobilização de sedimentos que pode estar associada a processos erosivos marginais. Com a integração das informações obtidas por meio do *side scan* ao SIG, e, com a sobreposição das informações geográficas poder-se-á ampliar avaliações.

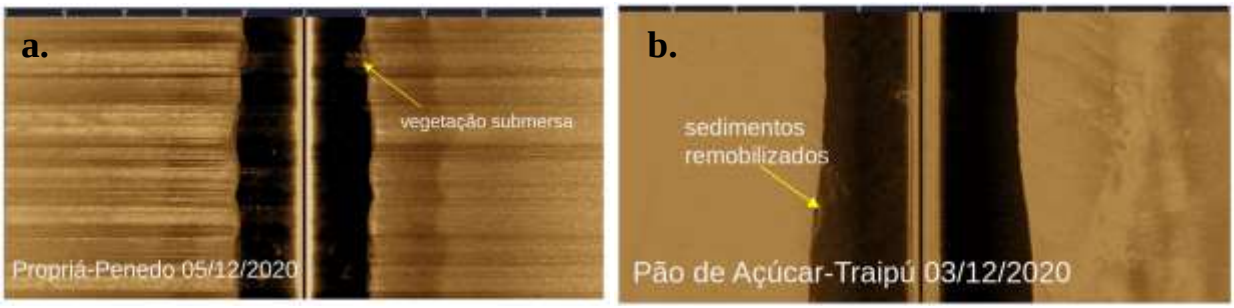



**Fig. 06 - Screenshot *software* DeepView FV*side scan.***

- Apoio na espacialização das informações das pesquisas aquáticas:

A demanda para integração das informações obtidas via *side scan* é abrangente no tocante às pesquisas relacionadas à água. Diversas inferências poderão ser desenvolvidas, como por exemplo, a identificação de cardumes ou áreas com maior adensamento de ictiofauna, integrando informações obtidas via sonar *fishfinder* (figura 07), estas informações batimétricas obtidas ao longo do trajeto de navegação da embarcação principal poderão integrar a grade de krigagem dos modelos batimétricos.

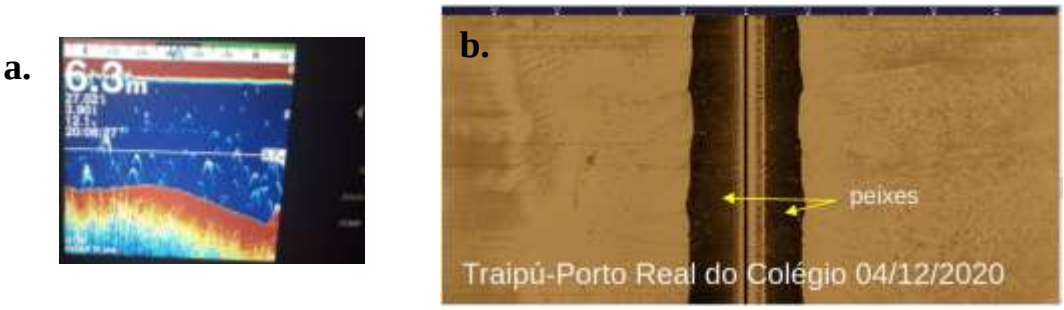



**Fig. 07 - Screenshot *software* DeepView FV*side scan.***

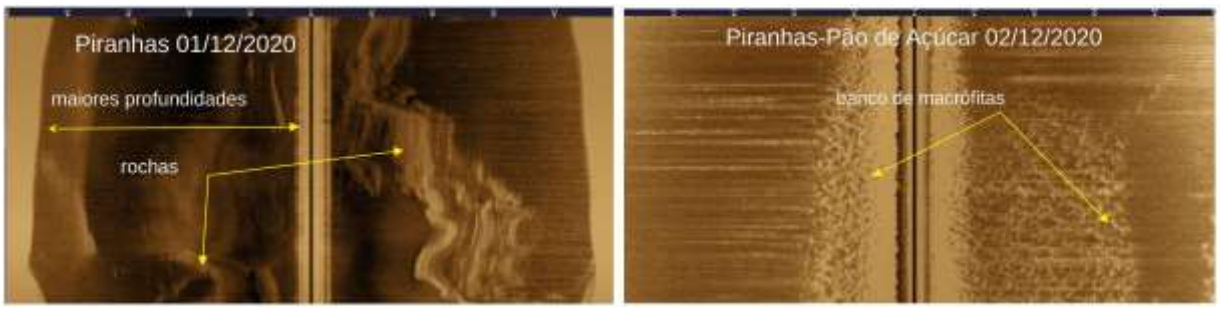



**Fig. 08 - Screenshot *software* DeepView FV*side scan.***

As informações topológicas, como exemplo a figura 08 (a e b), poderão servir de subsídio para uma série de caracterizações ambientais quando associadas a informações de área de vida, correlação à captura de determinadas espécies, pela maior ou menor profundidade, presença de rochas, bancos de areia ou de macrófita, entre tantas inferências possíveis.

- Desenvolvimento de rotinas computacionais:

Para ampliar essas oportunidades de PD&I, já está em desenvolvimento rotinas computacionais específicas para obtenção de informações e identificação de anomalias em tempo real ou pós-processadas com as informações georreferenciadas, além da possibilidade de produção de mosaicos especializados para integrar ao SIG da expedição, como também, auxiliar a equipe de mergulho da arqueologia de ambientes aquáticos na localização e validação de sítios de pesquisa.

**Fig. 09 - Mosaicos e rotinas computacionais em desenvolvimento na linguagem Python.**

- Modelagem ambiental:

O diferencial destes desenvolvimentos, a ser iniciados e associados aos arquivos que contenham informações com menor nível de interferências e melhor qualidade de amostragem, será a composição de modelos multidimensionais, que poderão ser integrados aos modelos digitais de elevação, possibilitando-se a criação de perfis tridimensionais destes trechos de rio (figura 10). A partir desta superfície de informações espaciais, pode-se relacionar outras camadas de informações, iniciando-se a composição de um banco de informações ambientais passíveis de dinamizar cenários para o auxílio à tomada de decisão. A partir desses desenvolvimentos iniciais, poderão ser paulatinamente inseridas mais informações ao modelo, até que tenhamos dados suficientes para que a interpolação represente significativamente a topologia da região hidrográfica do baixo rio São Francisco.

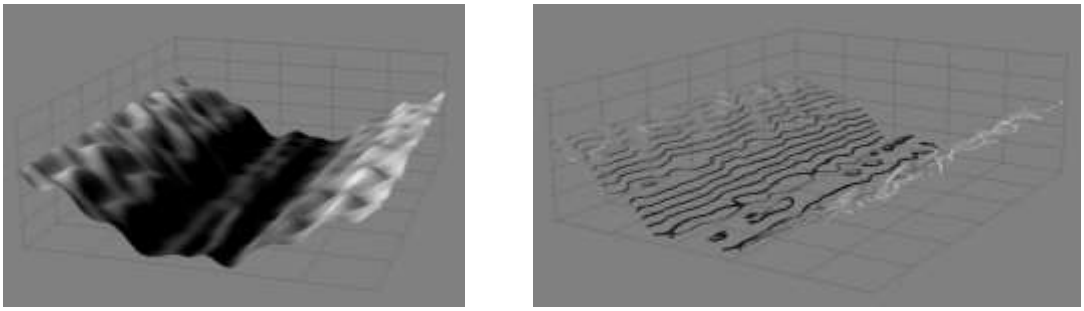


**Fig. 10 - Modelo 3D trecho profundo do rio.**

- Perspectivas futuras: monitoramento autônomo e modelo impresso 3D.

Na I etapa da expedição testou-se IRACEMA (figura 11a), um veículo autônomo de superfície (USV - *Unmanned Surface Vehicles*) desenvolvido pelo Núcleo Nordeste do Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI-NE). Tal embarcação apresentou demandas de desenvolvimento, sendo uma destas de grande importância, que é a logística para deslocamento de uma embarcação daquele porte. O desenvolvimento ou aquisição de embarcação autônoma de menor porte (exemplo, figura 11 b o SONOBOT5 *evologics.de/sonobot-5-system* e 11c o HyDrone® *seafloorsystems.com/usv*) para o monitoramento ambiental ativo no rio São Francisco ampliaria superlativamente a capacidade de aquisição e atualização de informações e modelos ambientais. E neste USV de menor porte, considerar a utilização de sistema sonar ecobatímetro multifeixe e de sistema perfilador hidroacústico de correntes (ADCP - *Acoustic Doppler Current Profiler*) para aumentar a robustez da modelagem ambiental.

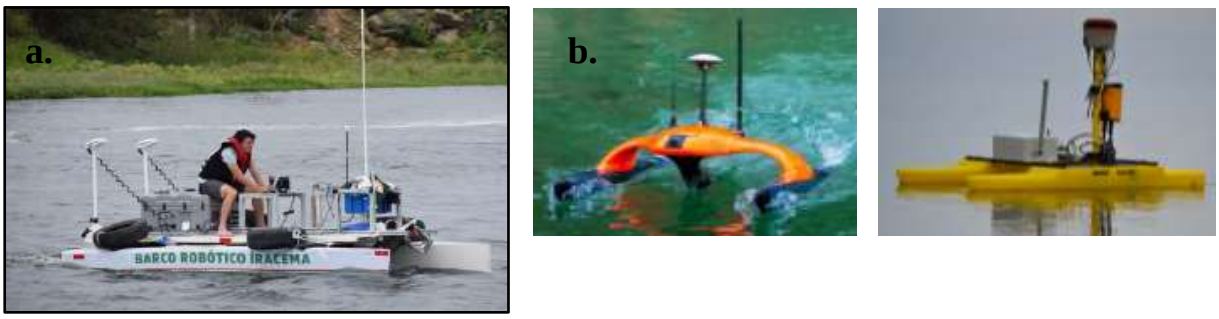



**Fig. 11 - Embarcações robóticas para o monitoramento ambiental autônomo.**

Os modelos topológicos a serem desenvolvidos poderão ser convertidos em formatos capazes de serem trabalhados por sistemas de sinterização ou impressão 3D (exemplo figura 12 *youtube.com/watch?v=WG0b85D8lck*). O formato mais usual é o .STL (ou qualquer outro formato possível para impressão 3D: .OBJ, .FBX, .COLLADA, .3DS, .IGES, .STEP ou .VRML/X3D), para depois repassar ao CTI Campinas que tem um divisão especializada nestes desenvolvimentos em 3D com altíssima qualidade.

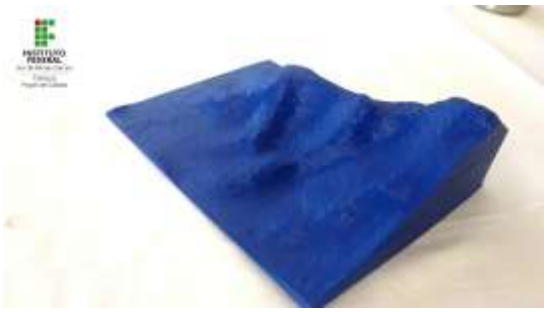


**Fig. 12 - Exemplo de impressão 3D de modelo numérico de terreno.**

## 9 – SITUAÇÃO DA ICTIOFAUNA DO BAIXO SÃO FRANCISCO

*Entendendo a dinâmica das espécies reofílicas no Baixo São Francisco*

A exemplo do médio São Francisco, onde as espécies reofílicas começam o período reprodutivo em outubro, e logo após a chegada das chuvas, com o aumento do sedimento, os peixes migram em direção as áreas de confluências e turbulência para desova e retornam posteriormente as lagoas marginais (Godinho, 2003).

No baixo São Francisco, as espécies médio-migradoras com destaque para *Prochilodus argenteus, Metynnis maculatus, Megaleporinus obtusidens e Schizodon knerii*, entre outras, seguem esta dinâmica de interação entre os habitats (calha do rio, afluentes e lagoas marginais), onde parte do tempo, (seca) permanecem nas áreas mais marginais, abrigadas ou com diminuição de correntezas, começam seus períodos

reprodutivos a partir de outubro (ainda seca) e contudo na aproximação do período de chuvas ou trovoadas (fevereiro a maio), intensificam a migração reprodutiva.

Todavia, a região do baixo São Francisco sofre com problemas de diminuição de vazão patrocinado pelas hidroelétricas de Sobradinho e Xingó, o que proporciona ciclos reprodutivos artificiais, ou seja, dependendo do ciclo de chuvas nas cabeceiras de afluentes do São Francisco à montante das represas e em anos de maior ou menor pluviosidade, podem ou não aumentar a vazão do rio na região do baixo, influenciando no ciclo reprodutivo das espécies de piracema. As defluências e alterações no fluxo de água, impedimento a migração reprodutiva, alterações do regime lótico para lêntico, modificação da estrutura da comunidade aquática, poluentes e contaminantes (agrotóxicos e efluentes domésticos), pesca com apetrechos não permitidos, captura de exemplares que não atingiram a maturação sexual, diminuição das áreas dos habitats destes organismos, desmatamento das áreas marginais, diminuição de área de alimentação, e aumento da intrusão salina estão entre os problemas que impactam a reprodução dos organismos aquáticos e geração de novos indivíduos.

Atualmente, as enchentes anuais são artificiais e limitadas pelas hidroelétricas, e em anos de menor índice pluviométrico nos cursos rio acima, afetam drasticamente a reprodução das espécies no curso rio abaixo, ocasionando a chamada “desova seca”, termo este denominado, quando os organismos estão maduros, com gônadas em processo de aumento do volume com produção de ovócitos e espermatozóides, mas não conseguem concluir a etapa reprodutiva, pois não foram estimulados (horrmônios) o suficiente para o término do ciclo reprodutivo.

Para entendermos o ciclo reprodutivo das espécies reofílicas, observamos abaixo a figura 1 - período de seca e a figura 2 – período de enchente no baixo São Francisco:

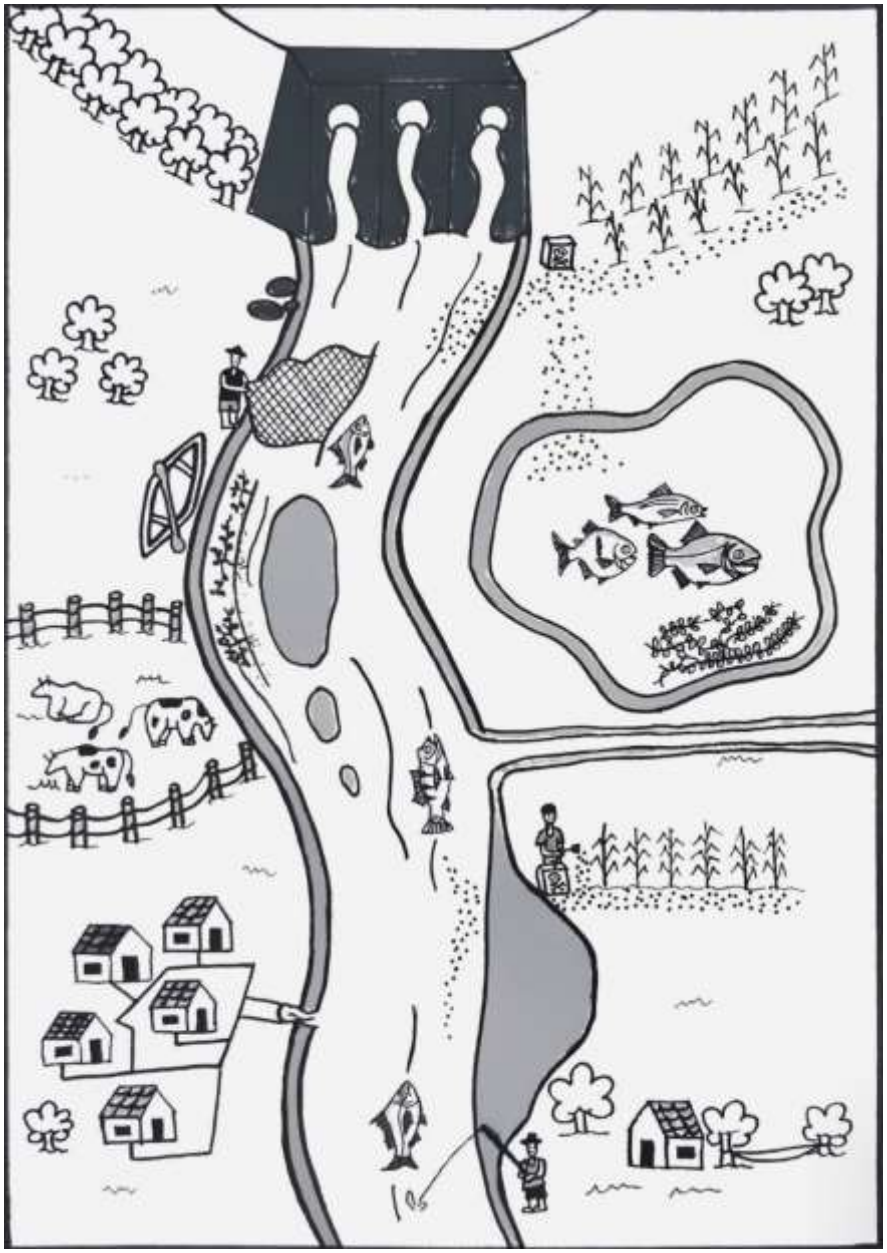


**Figura 1.** Dinâmica hidrológica e correlação com espécies reofílicas ou migradoras, no período de seca.

Nesta gravura podemos observar uma situação de ausência de chuvas e diminuição de vazão, bem típica na maior parte do ano na região, temos diversas atividades como a pecuária, agricultura nas margens da calha do rio, uso de agrotóxicos em alguns tipos de culturas, lançamentos de esgotos e efluentes das cidades, formação de bancos de areia devido o processo erosivo nas margens e ausência de vegetação da mata ciliar, que provoca o enfraquecimento do solo. Neste período, notamos a diminuição do volume de água e áreas, com transformação do sistema lótico (com maiores correntezas e trocas de água) para lêntico (água mais parada), diminuindo os

habitats para as espécies de peixes, com isso favorecendo as capturas destas, inclusive com tamanho de captura não permitido pela legislação ambiental e instruções normativas de defeso (que estão desatualizadas), e com práticas de pesca, em algumas oportunidades, danosas ao meio ambiente. Grande acúmulo de macrófitas aquáticas, devido o aumento da carga orgânica, menor capacidade depurativa do rio e concentração de nutrientes decorrentes da decomposição de materia orgânica, maior volume de esgotos e agrotóxicos, e diminuição da profundidade, que favorece a influência da radiação solar nas partes mais profundas do ambiente aquático e ajuda no desenvolvimento destas plantas.

Nota-se que também que parte das espécies migradoras passam parte do tempo em lagoas marginais e ambientes sem contato com a calha principal do rio, a espera que com o aumento do volume de água, proporcionado pelo aumento da vazão e de chuvas, possam sair destes ambientes, eutrofizados ou rico em nutrientes, devido o acúmulo de materia orgânica durante boa parte do ano e também por lançamentos de dejetos e fertilizantes.

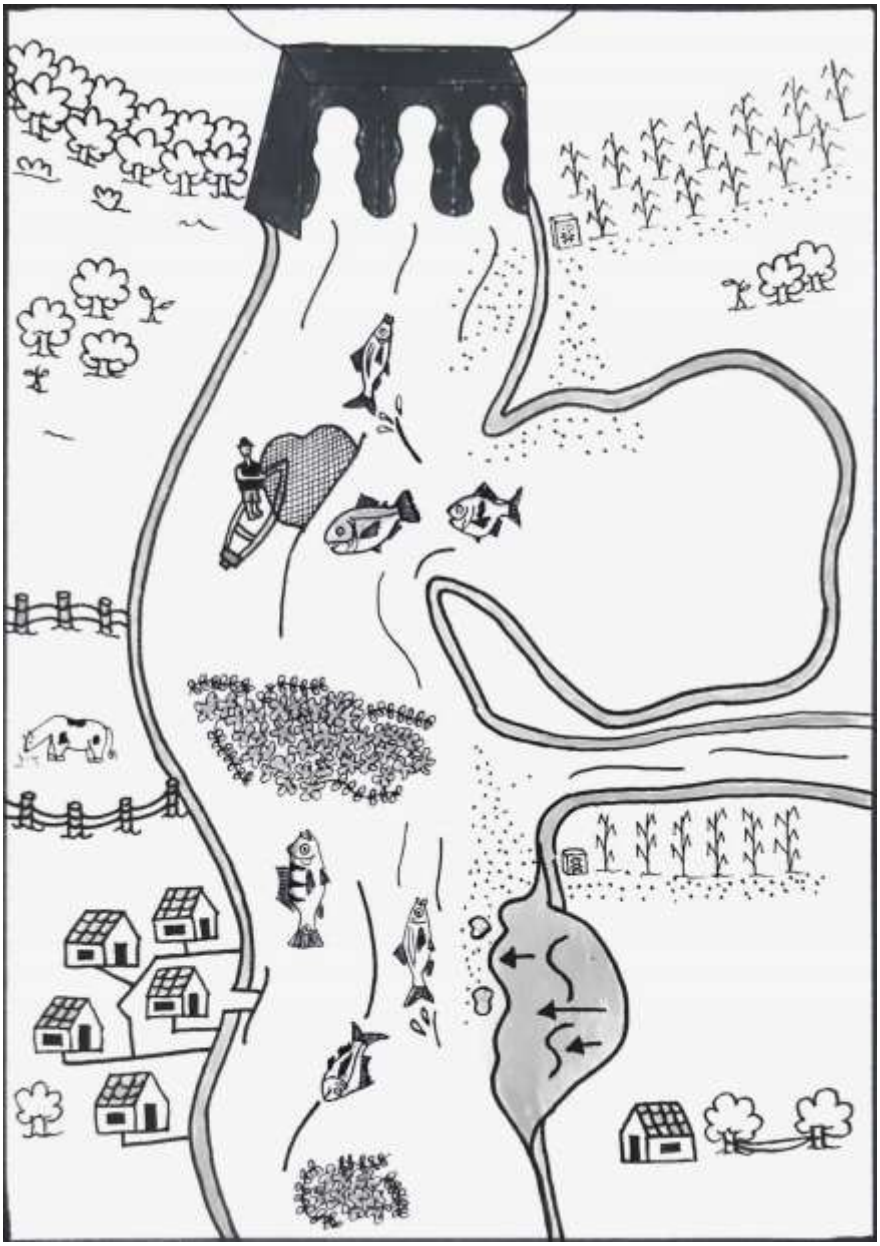


**Figura 2.** Situação no baixo São Francisco com o período de cheia (gravura: Emilly Valentim).

Na figura 2, observa-se um período de cheia, com aumento da vazão, volume de chuvas na região, aumento dos níveis de sedimentos do rio, queda de barrancos, maior carga de material oriundo dos afluentes temporários, com destaque aos rios Traipú, Ipanema, Capiá, Jacaré, Porucaba, Betume e Piauí. Nesta condição temos uma renovação das águas, e diminuição da concentração de nutrientes em determinadas áreas, e consequentemente, a calha do rio faz contato com as lagoas marginais, antes isoladas, desta forma, os peixes reofílicos saem destas áreas e iniciam o processo de migração reprodutiva com maturação de suas gônadas (orgãos sexuais masculinos e

femininos), para áreas de confluências, em muitos casos, pontos mais oxigenados e de maior maior turbidez, para gerarem as próximas gerações.

Contudo, após o processo de enchente, novas ilhas são formadas, devido o grande acúmulo de sedimentos, voltando aos patamares da figura 1.

Como podemos observar, os impactos provocados pelas usinas hidrelétricas, alterando o sistema lótico para lêntico, refletiram em modificações na estrutura das comunidades de peixes (Andrade & Araújo, 2011). Entre essas modificações, destacam-se interferência na composição e comportamento, assim como na migração reprodutiva dos peixes, fazendo com que algumas entrassem em colapso (Barbosa & Soares, 2009). Diante deste contexto, é necessário que estratégias eficientes sejam tomadas com relação ao estudo da bioecologia e identificação das espécies distribuídas no Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco, a fim de mitigar os efeitos danosos provocados no ambiente pelas ações antrópicas (Ramos, 2001).

Cerca de 70% dos peixes coletados nos meses de outubro de 2018 e novembro de 2019, e 90% dos exemplares encontrados em 2020, estavam com estádio de maturação considerados maduros, com machos espermeando quando massageados a região abdominal e as fêmeas encontradas estavam na fase de desenvolvimento ovocitário II, com a presença dos ovócitos com estoque de reserva perinucleolar, com citoplasma bem definido, nucléolos esféricos e intensamente basófilos (Vazzoler, 1996).

*Ictiofauna coletada nas expedições de 2018-2019-2020*

Durante a expedição foram coletados cerca de 119 exemplares de peixes em 2018 e 206 exemplares em 2019 e 127 exemplares em 2020, apresentados na tabela abaixo:

**Tabela 1.** Espécies coletadas durante a expedição ao Baixo São Francisco em 2018.

| Ordem | Família | Espécie | n | Nome comum |
|---|---|---|---|---|
| Characiformes | Erythrinidae | *Hoplias microcephalus* | 8 | Traíra - N |
| | Serrasalmidae | *Metynnis maculatus* | 9 | Pacu-disco - N |
| | | *Pygocentrus piraya* | 5 | Piranha-preta - N |
| | | *Serrasalmus brandtii* | 11 | Pirambeba - N |
| | Anostomidae | *Megaleporinus obtusidens* | 4 | Piau três pintas - N |
| | | *Schizodon knerii* | 3 | Piau-de-vara - N |
| | Prochilodontidae | *Prochilodus argenteus* | 1 | Curimatã-pacu - N |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Siluriformes | Ariidae | *Cathorops agassizii* | 10 | Bagre-do-mar - M |
| Perciformes | Centropomidae | *Centropomus parallelus* | 8 | Robalo - M |
| | | *Centropomus undecimalis* | 2 | Robalo-flecha - M |
| | Carangidae | *Caranx latus* | 11 | Xáreu - M |
| | Gerreidae | *Eugerres brasilianus* | 6 | Carapeba - M |
| | | *Archosargus probatocephalus* | 8 | Sargo-de-dente - M |
| | Cichlidae | *Cichla monoculus* | 14 | Tucunaré - I |
| | | *Oreochromis niloticus* | 10 | Tilápia-do-nilo - I |
| | Eletridae | *Guavina guavina* | 5 | Amoreia - M |
| Tetraodontiformes | Tetraodontidae | *Lagocephalus laevigatus* | 4 | Baiacu-arara -M |

N = Nativa; M = Marinha e I = Introduzida; n = número de exemplares coletados.

**Tabela 2.** Espécies coletadas durante a expedição ao Baixo São Francisco em 2019.

| Ordem | Família | Espécie | n | Nome comum |
|---|---|---|---|---|
| Characiformes | Erythrinidae | *Hoplias microcephalus* | 2 | Traíra - N |
| | Serrasalmidae | *Metynnis maculatus* | 65 | Pacu-disco - N |
| | | *Pygocentrus piraya* | 7 | Piranha verdadeira N |
| | | *Serrassalmus brandtii* | 27 | Pirambeba - N |
| | Anostomidae | *Megaleporinus obtusidens* | 10 | Piau três pintas - N |
| | | *Schizodon knerii* | 35 | Piau-de-vara - N |
| | Prochilodontidae | *Prochilodus argenteus* | 2 | Curimatã-pacu – N |
| | Characidae | *Colossoma macropomum* | 13 | Tambaqui- I |
| Siluriformes | Ariidae | *Cathorops agassizii* | 2 | Bagre-do-mar – M |
| | Pseudopimelodidae | *Lophiosilurus alexandrii* | 2 | Pacamã- N |
| Mugiliformes | Mugilidae | *Mugil curema* | 2 | Tainha- M |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Beloniformes | Belonidae | *Tylosurus acus acus* | 1 | Agulhão - M |
| Perciformes | Centropomidae | *Centropomus parallelus* | 3 | Robalo - M |
| | | *Centropomus undecimalis* | 1 | Robalo-flecha – M |
| | Gobidae | *Bathygobius soporator* | 2 | Aimoré- M |
| | Sparidae | *Archosargus probatocephalus* | 4 | Sargo de dentes- M |
| | Carangidae | *Trachinotus carolinus* | 1 | Pampo - M |
| | Carangidae | *Caranx latus* | 3 | Xáreu - M |
| | Gerreidae | *Eugerres brasilianus* | 7 | Carapeba verdadeira – M |
| | | *Eucinostomus melanopterus* | 2 | Carapeba - M |
| | Cichlidae | *Cichla monoculus* | 5 | Tucunaré – I |
| | | *Astronotus ocellatus* | 4 | Apaiari - I |
| | Eletridae | *Guavina guavina* | 1 | Amoreia - M |
| Tetraodontiformes | Tetraodontidae | *Lagocephalus laevigatus* | 5 | Baiacu-arara -M |

N = Nativa; M = Marinha e I = Introduzida; n = número de exemplares coletados

**Tabela 3.** Espécies coletadas durante a expedição ao Baixo São Francisco em 2020.

| Ordem | Família | Espécie | n | Nome comum |
|---|---|---|---|---|
| Characiformes | Erythrinidae | *Hoplias microcephalus* | 5 | Traíra - N |
| | Serrasalmidae | *Metynnis maculatus* | 15 | Pacu-disco - N |
| | | *Pygocentrus piraya* | 8 | Piranha verdadeira N |
| | | *Serrassalmus brandtii* | 45 | Pirambeba - N |
| | Anostomidae | *Megaleporinus obtusidens* | 5 | Piau três pintas - N |
| | | *Schizodon knerii* | 4 | Piau-de-vara - N |
| Perciformes | Centropomidae | *Centropomus parallelus* | 3 | Robalo – M |
| | | *Centropomus undecimalis* | 4 | Robalo Flecha - M |
| | Carangidae | *Caranx latus* | 3 | Xáreu - M |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Cichlidae | *Cichla monoculus* | 12 | Tucunaré – I |
| | | *Astronotus ocellatus* | 4 | Apaiari – I |
| | | *Geophagus brasiliensis* | 5 | Cará |
| | Eletridae | *Guavina guavina* | 1 | Amoreia – M |
| Gymnotiformes | | | | |
| | Sternopygidae | *Eigenmannia trilineata* | 10 | Sarapó – N |
| | Acestrorhynchidae | *Acestrorhynchus lacustres* | 5 | Peixe cachorro - N |

N = Nativa; M = Marinha e I = Introduzida; n = número de exemplares coletados

***Conclusão e perspectivas de pesquisa-ação para melhorias na região do Baixo São Francisco quanto a ictiofauna.***

- A ictiofauna no Baixo São Francisco é de pouca diversidade e quantidade, onde cerca de 6 espécies representam 80% das capturas na região;
- Podem ser consideradas espécies quase extintas ou em processo de declínio as curimatãs-pacús- *P. argenteus*, pilombetas – *Anchoviella sp*., surubim – *Pseudoplatystoma corruscans*, dourado – *Salminus franciscanus*, pacamã – *L. alexandrii*, pirá - *Conorhynchos conirostris* e piaba – *A. bimaculatus*;
- A diminuição da vazão, pesca com métodos não permitidos (tamanho de malha, bombas, bolinhos com uso de formol, etc), represamento da água, desmatamento da vegetação ciliar, assoreamento, poluição de efluentes da cidades e agrotóxicos, aliados a diminuição do regime de chuvas, vem prejudicando a reprodução dos peixes, afetando as migrações reprodutivas de espécies de piracema e esgotando os estoques pesqueiros;
- A grande quantidade de esgotos e lixo jogados na calha do rio, prejudicam a qualidade de água, o que provoca forte estresse para as espécies, colaborando para diminuição do alimento natural e diminuição do crescimento e desenvolvimento dos peixes;
- O menor volume de água e maior assoreamento, favorecem a diminuição das áreas de fugas, menor quantidade de sedimentos, aumento da visibilidade por parte de peixes carnívoros e predadores, restringindo as áreas de proteção de indivíduos jovens, favorecendo a predação por organismos adultos e exóticos a bacia (tucunarés, apaiaris, piranhas, pirambebas, etc), dos organismos

jovens e na fase imatura, colaborando para depleção dos estoques pesqueiros nativos, isso explica a presença de grande número de peixes exóticos e de hábito alimentar piscívoro, as vezes melhor adaptados à piora das condições ambientais;

- O aumento da cunha salina em períodos de menor vazão e chuvas, diminuem os habitats de espécies nativas de água doce, aumentando a concorrência por alimento, por parte de espécies eurihalinas ou marinhas.

***Ações de curto e médio prazo para recomposição da ictiofauna no baixo***

- Atualização urgente das instruções normativas de defeso, visto que estas estão defasadas e com pouco embasamento científico, com discussão entre pesquisadores, pescadores, agricultores, comitê de bacia, IBAMA, MMA, ICMBIO, IMA e Universidades;
- Retomada e fortalecimento urgente dos programas de peixamentos (CODEVASF) com definição de áreas de berçários, onde as espécies nativas reproduzidas em cativeiro, seriam realocadas em áreas delimitadas e protegidas, durante pelo menos 6 meses, através de acordos de pesca e manejo de áreas a ser definida pelos pescadores, instituições e pesquisadores;
- Investimento imediato por parte das instituições que trabalham com a gestão da água e setor elétrico (ANA, CBHSF, CHESF, CASAL, etc) em projeto de biomonitoramento contínuo no baixo São Francisco, para ações como estatística pesqueira, monitoramento da qualidade de água, análise de poluentes, saneamento básico, plantio de árvores, manejo do solo, monitoramento hidrológico;
- Proteção de áreas de confluência de rios como o; Traipú, Perucaba, Jacaré, Piauí, Betume e Ipanema, com ações fiscalizatórias e criação dos agentes ambientais voluntários, onde pessoal da própria comunidade ajuda na fiscalização da região, tornando-se parte do processo, desta forma o sucesso na proteção de áreas de manejo serão mais efetivas;
- Em termos de estudos da ictiofauna, sugere-se nos estudos futuros delimitação de sub-áreas por proximidades hidrológicas, ambientes e de

espécies: Piranhas à Pão de Açúcar – área 1; Pão de Açúcar à Traipú – área 2; Traipú à Porto Real – área 3; Porto Real à Penedo – área 4; Penedo à Piaçabuçú – área 5 e Piaçabuçú à Foz – área 6;

- Fortalecimento da EMATER, para o sucesso de ações mais agroecológicas e manejo de solo para o cultivo nas margens do rio;
- Criação de um programa de educação ambiental nas escolas e na comunidade, com inserção de temas ambientais nos projetos pedagógicos das escolas;
- Revisão do período de defeso anual, de acordo com a situação do sistema hídrico, pois sabe-se que existem cheias artificiais no baixo, que dependem da demanda de chuvas de cada ano, e estes influenciam nas épocas de reprodução dos peixes migradores;
- Criação do bolsa ambiental, com incentivo àqueles que participam do programa de agentes ambientais voluntários e ações de conservação na região;
- Proteção integral da área da Marituba do Peixe, como importante área de proteção dos peixes;
- Incentivo a programas de cultivo de peixes em tanques-redes, delimitados por ações de controle as espécies exóticas e fugas de peixes destes sistemas de cultivo;
- Como decisão mais drástica; moratória ou fechamento integral de áreas de pesca, sendo de forma manejada, contudo este tipo de medida tem de contar com apoio da população, pescadores, instituições e apoio do MAPA-SEAP e Ministério do Trabalho, para que os recursos cheguem na época correta aos pescadores;
- Fortalecimento das bases de pisciculturas da CODEVASF para produção de juvenis de espécies nativas;
- Ações integradas na gestão dos resíduos e dejetos das cidades ribeirinhas para contenção dos poluentes na água;

- Delimitação de uma vazão ecológica mínima, nunca abaixo de 900$m^3$/s, principalmente para evitarmos as chamadas “desovas secas”, onde os peixes que estão em fase reprodutiva maturam suas gônadas (órgãos sexuais), mas não completam o ciclo reprodutivo, pelas condições ineficientes de estímulos ambientais em relação a fisiologia e biologia reprodutiva destes organismos;

- Planejamento urbano e contenção pelas prefeituras, MP e órgãos ambientais de fiscalização de áreas de ocupação desordenada às margens do rio e de áreas de confluências de afluentes e ilhas, além de coibir práticas imobiliária e turística predatória, plantios e criação de animais, principalmente nas áreas de importância ecológica.

## 10 - SONS BIOLÓGICOS SUBAQUÁTICOS DO BAIXO RIO SÃO FRANCISCO: PERSPECTIVAS PARA O MONITORAMENTO ACÚSTICO PASSIVO (MAP) DA BIODIVERSIDADE E SEUS AMBIENTES

O monitoramento acústico subaquático apresente uma abordagem viável, não invasiva e amplamente inexplorada para monitorar ecossistemas de água doce, fornecendo informações sobre os três principais elementos ecológicos dos ambientes aquáticos - (1) peixes, (2) macroinvertebrados e (3) processos físico-químicos - bem como fornece dados sobre os níveis de ruído antropogênico (LINKE et al., 2018). A importância ecológica da paisagem acústica em água doce está apenas começando a ser reconhecida pela sociedade. Os cientistas estão começando a aplicar os métodos de Monitoramento Acústico Passivo (MAP), bem estabelecidos nos sistemas marinhos, aos sistemas de água doce, para mapear padrões espaciais e temporais de comportamentos associados aos sons biológicos, bem como os impactos do ruído sobre eles (ROUNTREE et al., 2019).

O baixo rio São Francisco vem enfrentando problemas ambientais com fortes consequências sociais e econômicas (SOUZA E LEITÃO, 2000), causadas por diversos fatores, entre eles: diminuição do seu volume e velocidade, contaminação e sobrepesca (MARTIN et al., 2011, ZELLHUBER et al., 2016), afetando a biodiversidade de peixes (GOMES e BRITO, 2017, Soares et al., 2020) e crustáceos (MONTENEGRO et al., 2001), a sua distribuição e a atividade pesqueira com a diminuição e até extinção de algumas espécies comerciais.

Foram medidos parâmetros acústicos como: Duração do trem de pulsos, Numero de pulsos, Taxa e pulsação (pulsos/seg), Frequência máxima (peak freq.), Frequência mínima (low freq.), Pico da frequência (peak freq.)

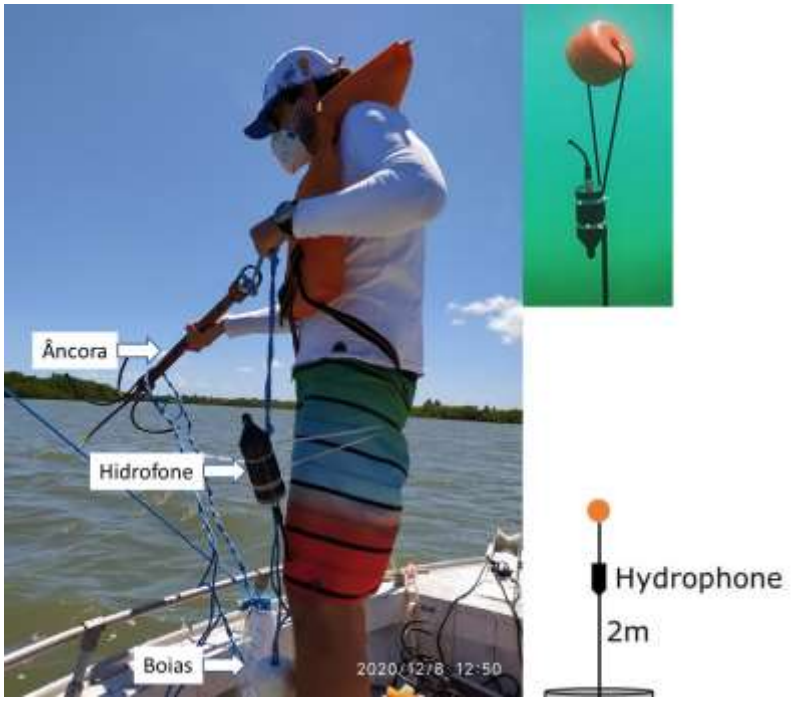



Figura 1. Momento do lançamento do hidrofone SoundTrap na área de confluência dos rios São Francisco e Piauí (divisa entre os municípios de Penedo e Piaçabuçu), acoplado ao sistema de ancoragem e armação com boias.

**Resultados e discussão**

Os resultados ressaltam a importância da utilização da acústica passiva como ferramenta observacional, não invasiva e não destrutiva, como sistema de monitoramento da fauna aquática na região do baixo rio São Francisco.

Os sons biológicos no baixo rio São Francisco foram compostos principalmente por cliques e estalos de camarões, com padrões similares aos encontrados no ano anterior nas mesmas localidades, diferentes tipos de sons característicos de peixes e sons antropogênico, como embarcações.

No caso do curimatã-pacu (*P. argenteus*), sabe-se que espécies do mesmo gênero foram grandes agregações reprodutivas, onde os machos produzem sons para atraia as fêmeas, iniciando o processo da desova. Durante as expedições cientificas no baixo São Francisco realizadas nas campanhas de 2019 e 2020 não foi possível localizar tais agregações, e sim sons individuas de alguns poucos organismos (BORIE-MOJICA,

2019), principalmente na região de Piranhas (Figura 2). Estes sons apresentaram uma banda de frequência média entre 1132 e 244 Hz (Tabela 1.).

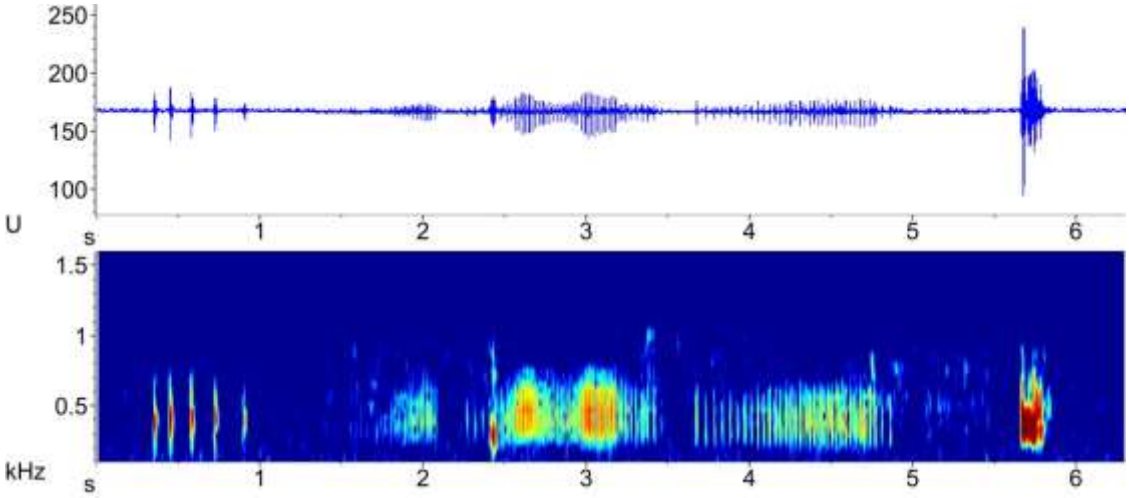



Figura 2. Tipos de sons produzidos por diferentes exemplares de *P. argenteus* na região de Piranhas. Windows size 2048

Tabela 1. Parâmetros acústicos dos sons (n=25) característicos de *P. argenteus* detectados na localidade de Piranhas. DP=Desvio padrão.

| | Frequência mínima (Hz) | Frequência máxima (Hz) | Pico da frequência (Hz) | Duração do som (seg.) | n de pulsos/som | Taxa de pulsação (pulsos/seg.) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Média | 244.7 | 1132.0 | 397.5 | 0.355 | 10.8 | 30.8 |
| DP | 38.2 | 127.7 | 98.6 | 0.200 | 10.0 | 16.5 |

Os sons em algumas espécies da família Prochilodontidae podem estar compostos por pulsos individuais ou trem de pulsos (MUÑOZ-DUQUE et al., 2021). Pulsos individuas foram comumente encontrados em todos os pontos de coleta. Sons longos, compostos por vários trens de pulsos foram detectados raramente, sendo pelo um em cada local de coleta.

Uma das características secundarias utilizadas para a seleção de machos aptos para o processo de reprodução induzida e extrusão são os sons produzidos pelos machos (obs. pessoal). Resultado preliminares mostram que machos de *P. argenteus* utilizados na reprodução induzida com hormônios podem produzir sons mais longos, com maior número de pulsos e variação temporal no intervalo entre pulsos (Figura 3). Esta

complexidade acústica que pode estar relacionado com o estado de maturação sexual por parte dos machos. Isto vem permitindo comparar os sons emitidos em ambientes controlados, com os sons detectados na natureza´, indicando a ocorrência de alguns exemplares desta espécie.

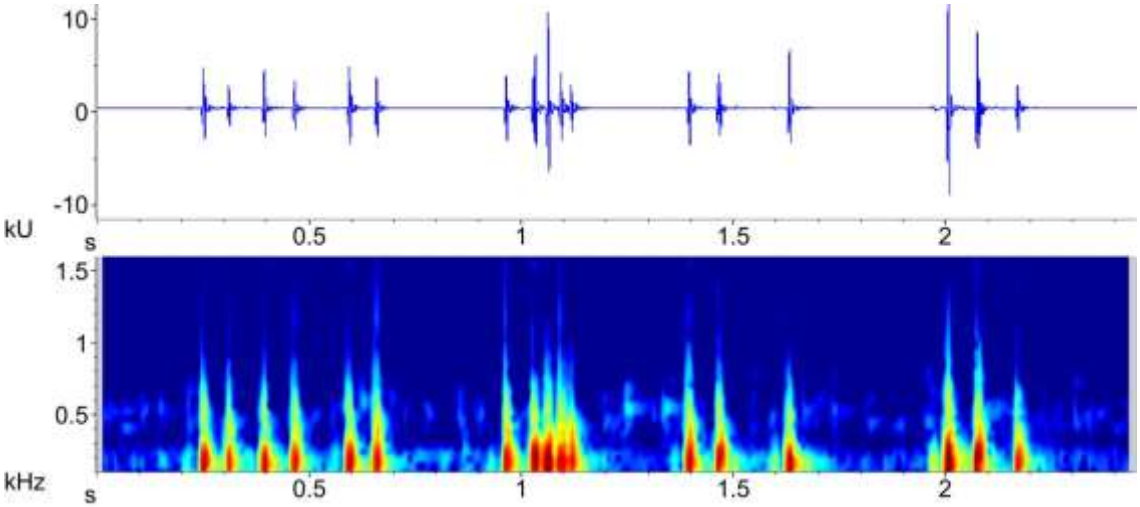



Figura 3. Som de um exemplar de *P. argente*us após o processo de indução reprodutiva hormonal.

O fato de não detectar essas agregações pode estar relacionado a falta de condições ambientais favoráveis pra o processo reprodutivo, o que possivelmente levou a um declínio da população destas espécies em particular. Segundo Arantes et al. 2010) modificação de porções de rios pode ter um impacto negativo no processo reprodutivo de peixes migradores de água doce. Portanto, maiores esforços precisam ser realizados para aumentar a área de cobertura da coleta de dados, juntamente com um maior número de coletas durante o período reprodutivo descrito para este gênero ou espécies. Assim, faz-se extremamente necessário a continuação das ações de repovoamento ("peixamento") desta e de outras espécies de importância comercial para a pesca artesanal.

Nas áreas de confluências do rio São Francisco com o rio Boacica assim como na foz também foi possível detectar sons característicos de crustáceos e diferentes tipos de peixes (Figuras 4 e 5). Também foi possível detectar os sons de outras espécies de peixes com diferentes padrões acústicos de frequência e variações temporais do trem de pulsos (Figura 6.)

A produção de sons característicos de crustáceos, como os camarões se fez presente na maioria das localidades (Figura 7), assim como ocorreu no ano anterior

(BORIE-MOJICA, 2019). O aumento na quantidade de macrófitas pode estas favorecendo as populações de camarões encontrados na região.

O camarão-canela (*Macrobrachium acanthurus*), é um animal encontrado na bacia do rio São Francisco, com relevante interesse comercial devido ao porte e boa aceitação no mercado (NEW, 1995). Segundo Coelho e Lima (2003), o camarão-canela é uma das espécies mais abundantes no rio São Francisco, mas sua exploração ainda se baseia na pesca artesanal, praticada por ribeirinhos e servindo para fins de subsistência dessas comunidades. Resultados preliminares da produção de sons durante atividade alimentar do camarão-canela em cativeiro mostram padrões similares aos encontrados no ambiente natural.

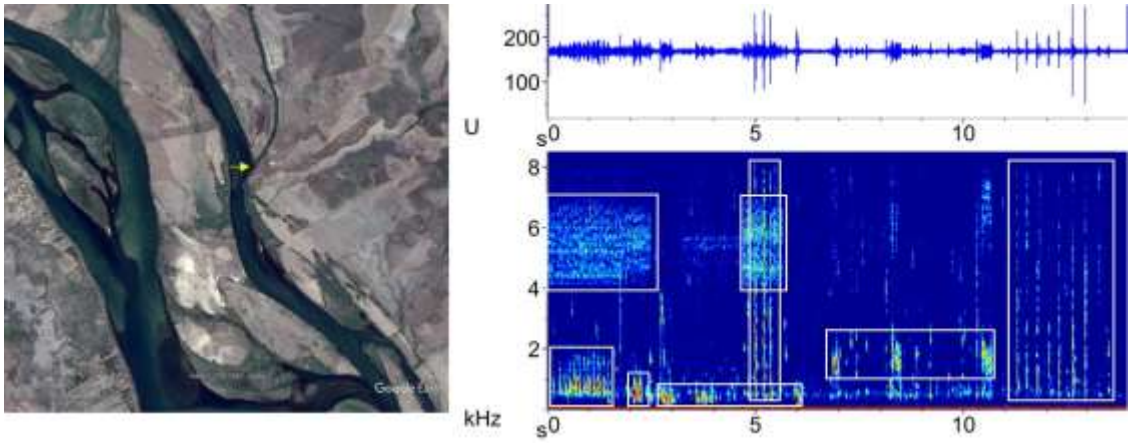



Figura 4. Sons de peixes e crustáceos detectados na confluência dos rios Boacica e São Francisco, próximo a cidade do Penedo.

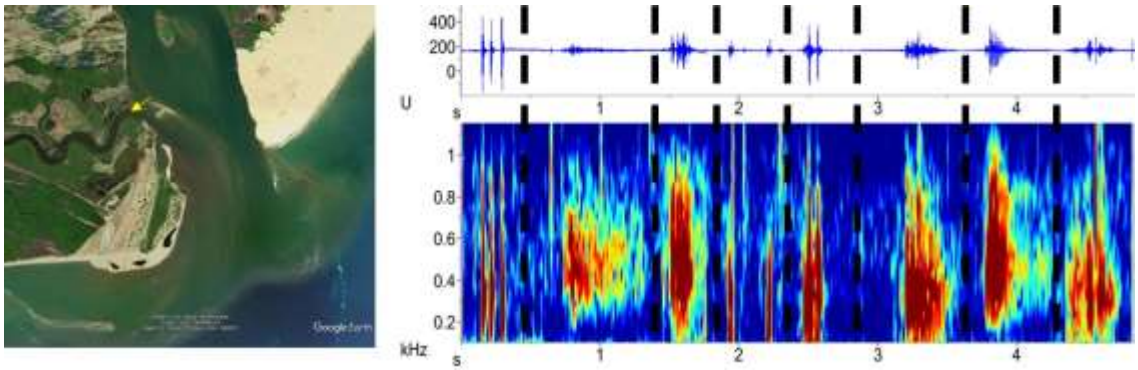



Figura 5. Diferentes tipos de sons característico de peixes detectados na foz do rio São Francisco.

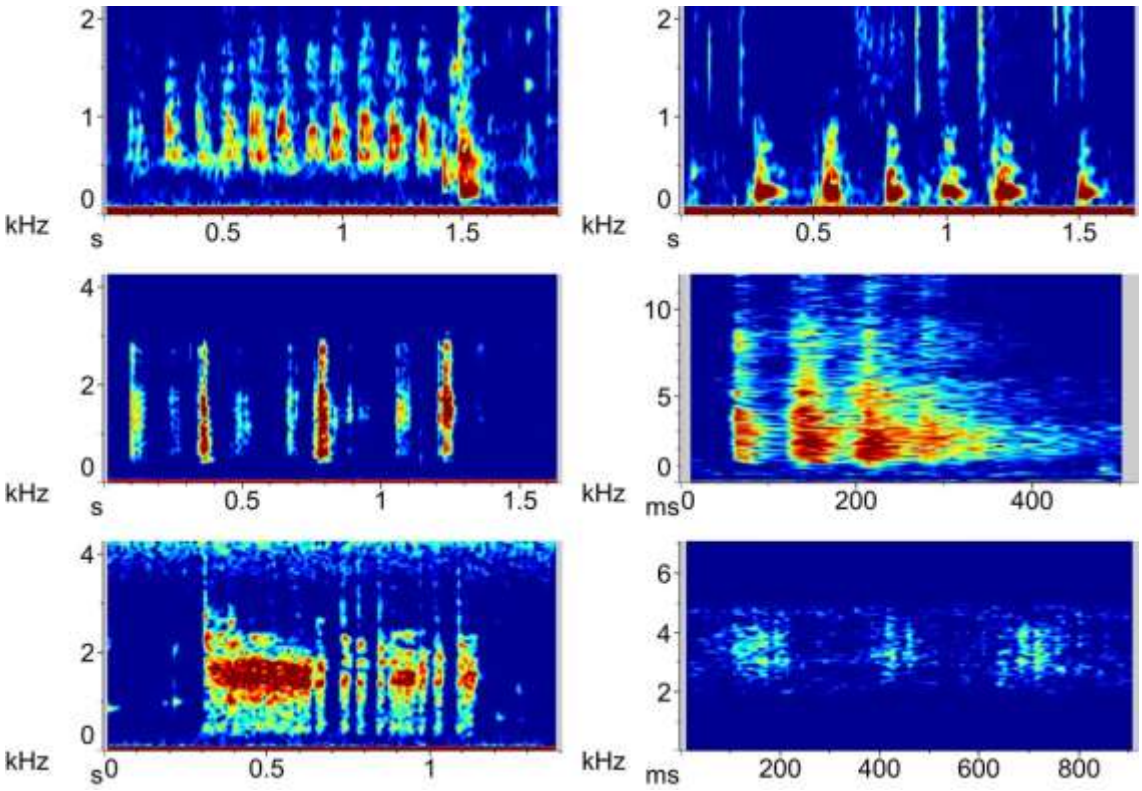



Figura 6. Sons individuais característicos de peixes detectados nas região do baixo São Francisco.

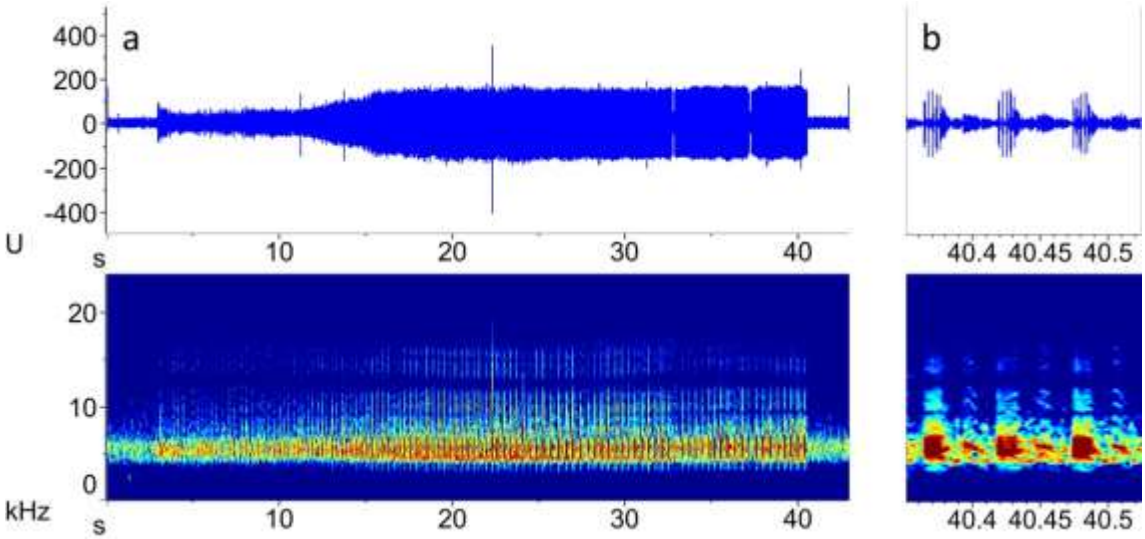



Figura 7. Som característico de camarão detectado na região de Pão de Açúcar. a. oscilograma e espectrograma (abaixo). b. maximização dos ter ultimo pulsos. Windows size 512.

Como era esperado, a área da foz apresenta características acústicas similares às encontradas em outras regiões estuarinas do nordeste brasileiro (BORIE-MOJICA in

prep.), com som de estalos principalmente produzidos por crustáceos (Figura 8). Na foz foram detectados sons característicos do câmara-de-estalo, provavelmente do gênero Alpheus (Figura X). Em água doce, os sons biológicos utilizaram frequências que variavam de 3 kHz a cerca de 14 kHz (GILES et al., 2005). Camarões do gênero Alpheus, que produz sons de estalos com uma ampla faixa de frequências entre ~ 1 e 15 kHz (SCHMITZ, 2002; COQUEREAU et al. 2016). O estalo do camarão da família Alpheidae produz o principal componente acústico com frequências acima de 2 kHz, e com intensidades mais altas no início e no final da noite no ambiente marinho (LAMMERS e MUNGER, 2016).

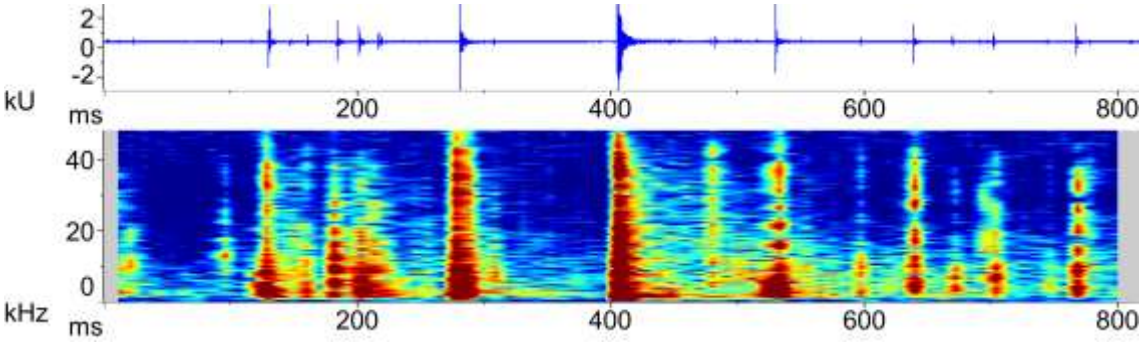



Figura 8. Sons característicos de camarão-de-estalo, provavelmente do gênero Alpheus detectados na região da foz do rio São Francisco.

Tabela 1. Parâmetros acústicos dos sons característicos de camarões detectado no baixo rio São Francisco. DP=Desvio padrão.

| | | Frequência mínima (Hz) | Frequência máxima (Hz) | Pico da frequência (Hz) | Duração do som (mseg.) |
|---|---|---|---|---|---|
| Camarão-de-estalo | Média | 1256.4 | 12435.8 | 4171.9 | 4.7 |
| | DP | 473.4 | 2523.1 | 1445.9 | 1.7 |
| Camarão X | Média | 4549.8 | 6852.2 | 5540.6 | 16.9 |
| | DP | 104.8 | 63.0 | 337.9 | 0.5 |

Inesperadamente também foram detectados sons característicos do camarão-de-estalo a partir da localidade de Porto Real do Colégio. Este tipo de sons é comumente encontrado em ambientes estuarinos. Embora exista uma única espécie registrada em água doce, *Alpheus cyanoteles* encontrado na Malásia (YEO E NG, 1996), outras espécies de camarão-de-estalos podem sobreviver em baixas salinidades, mesmo sendo mais abundantes em ambientes marinhos e estuarinos. Assim, ainda são necessários

maiores esforço de coleta de dados sobre as espécies de camarões, e com isso poder infere sobre a possível origem dos sons detectado que ocorrem na região.

As principais embarcações detectadas ao longo de todo o baixo rio São Francisco foi a de canoas motorizadas utilizadas pelos ribeirinhos como meio de transporte e atividades de pesca. Durante a passagem, estes ruídos podem mascarar completamente o espectro acústico dos sons biológicos detectados.

A ferramenta acústica permitiu avaliar a ocorrência de sons biológicos, assim como sons antropogênicos, como é o caso das embarcações a motor, sejam lanchas, balsas ou canoas motorizadas utilizadas na pesca artesanal. Além de avaliar a qualidade do ambiente, como o caso da região de Paiaçabuçu, onde na expedição anterior (BORIE-MOJICA, 2019) foi detectado um ambiente com características estuarinas.

Sugere-se a realização de maiores esforços utilizando a acústica passiva, que irão também permitir, a localização e mapeamento de áreas prioritárias para conservação e essenciais para as diversas espécies do baixo rio São Francisco. Com tudo, ainda a metodologia acústica passiva utilizada durante as expedições cientificas no baixo rio São Francisco podendo ser replicada nas regiões do submédio, médio e alto para avaliar ambientes, a ocorrência de diversas espécies e agregações reprodutivas.

## 11 - COLETA DE MÚSCULO DE PEIXES DO BAIXO SÃO FRANCISCO PARA ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO INORGÂNICA

Na busca por hábitos alimentares mais saudáveis e sustentáveis, o consumo de peixes é considerado essencial para alcançar esse objetivo (DEBOER, SCHÖSLER E AIKING, 2020). Esses animais são fontes de proteína de alta qualidade, e ao contrário do que ocorre nas carnes vermelhas possuem baixa concentração de gorduras saturadas e são ricos em ômega 3, vitaminas e minerais essenciais na dieta humana (DOMINGO *et al*., 2007; NESTEL *et al*., 2020). Segundo a Associação Americana do Coração (AHA) - do inglês, American Health Association - ingerir pelo menos duas porções de peixe na semana pode melhorar a saúde do coração e reduzir o risco de doenças cardíacas, sobretudo doença arterial coronariana e acidente vascular cerebral (RIMM *et al*., 2018; LI *et al*., 2020).

No Brasil, por exemplo, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) responsável pela fiscalização de contaminantes em alimentos, determinou na Resolução

ANVISA Nº 42 de 29 de agosto de 2013 os Limites Máximos de Tolerância (LMT) para metais em peixes: cádmio 0,05 mg/kg e 0,3 mg/kg dependendo da espécie; arsênio 1,0 mg/kg; chumbo 0,3 mg/kg para todas as espécies e mercúrio 0,5 mg/kg para peixes não carnívoros e 1, 0 mg/kg para carnívoros (ANVISA, 2013).

Assim, o objetivo dessa pesquisa é a obtenção de exemplares das mais variadas espécies de peixes encontrados ao longo do percurso do Baixo São Francisco para detectar e qualificar as concentrações médias dos metais cádmio, chumbo, mercúrio, zinco, cobre, cromo, ferro e manganês e do metaloide arsênio presentes na carne (tecido muscular), e então averiguar se estão dentro dos limites permitido pela legislação brasileira. O conhecimento sobre o potencial risco do consumo de peixes que possam apresentar teores de arsênio, cádmio e chumbo acima dos LMT é de suma importância para subsidiar as agências de saúde e de vigilância sanitária sobre as recomendações dos níveis seguros de consumo em particular para crianças, mulheres grávidas e também lactantes. Adicionalmente, como apenas o LMT não é suficiente para caracterizar o potencial perigo a saúde humana, neste trabalho também serão calculados os quocientes de risco (QR) proposto pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 1989) para cada contaminante e o Quociente de risco total (QRT), que associam os teores encontrados com a frequência de ingestão de pescado e tamanho da porção ingerida.

## METODOLOGIA

A área de estudo localiza-se na região do Baixo São Francisco (BSF) entre os estados de Sergipe e Alagoas, abrangendo uma extensão do rio São Francisco de cerca de 140 km em dezembro/2020 nos municípios alagoanos de Pão de Açúcar, Piranhas, Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo, Piaçabuçu e os municípios sergipanos de Brejo Grande e Propriá, além da foz na divisa entre os dois estados.

A coleta dos peixes (Figura 1) foi conduzida pelos pesquisadores com auxílio dos pescadores locais em barcos com motor de 5 Hp, utilizando-se tarrafas de 6 metros e redes de emalhar de 30, 40 e 50 mm de 100 metros e, dispostas no rio segundo orientação dos pescadores em diferentes estações georeferrenciadas no Baixo São Francisco.

Figura 1. Exemplar de robalo *Centropomus parallelus* coletado na III Expedição

Logo após a captura e identificação dos peixes, ainda a bordo foram retiradas porções do músculo da região laterodorsal de cada exemplar cuja quantidade variou entre 10g – 150g a depender do tamanho do animal (Figuras 2 e 3).

Figura 2. Estação de trabalho a bordo

Figura 3. Biometria e filetagem dos peixes

Estas amostras foram acondicionadas em coletores plásticos e refrigeradas (Figura 4), sendo posteriormente transportadas em caixas térmicas para o Laboratório de Estudos e Impactos Ambientais (LabEIA) na Embrapa Tabuleiros Costeiros, em Aracaju, SE, e mantidas em freezer a -15ºC. Todo o material utilizado para coleta e armazenamento das amostras foram previamente lavados com detergente neutro, imersos em banho ácido de HCl 10% v/v por 24 horas e enxaguados com água ultrapura (18 μΩ).

Figura 4. Amostras de pescados úmidas etiquetadas e armazenadas em coletores plásticos.

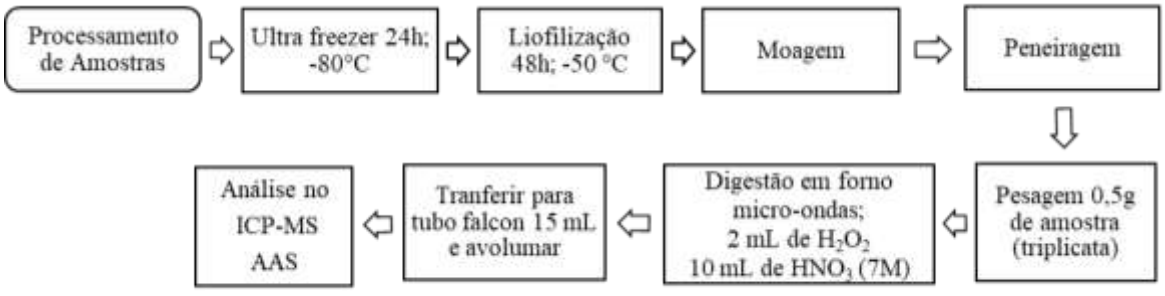
Dando sequência ao procedimento, as amostras foram separadas em grupos de acordo com a espécies, pesadas e estocadas em ultra freezer a -80 ºC por 24h para então serem liofilizadas por 48h utilizando o liofilizador Liotop modelo L101, vácuo final de

3,7 μHg. Em seguida, estas foram trituradas em um mixer doméstico e passadas por peneiras de nylon a fim de se obter um material homogêneo (Figura 5). Vale ressaltar que para evitar a contaminação cruzada entre espécies a cada trituração todo material foi lavado conforme descrito em Silva et al, 2019.

Figura 5. A: Trituração e peneiramento de amostras de pescados liofilizadas. B: Amostras separadas por espécies e acondicionados em sacos plásticos.

Até a apresentação do presente relatório, as amostras liofilizadas e trituradas estão sendo mantidas em freezer a -15º para em breve passarem pelo processo de digestão e finalmente enviadas para análise conforme o fluxograma do processo (Figura 6) com validação do método analítico utilizando-se materiais de referência certificados de tecido de peixe NIST-1566b e DORM-4.

Figura 6. Fluxograma das etapas do processo de determinação de metais em pescado



## RESULTADOS ESPERADOS

No estudo das concentrações de metais e minerais presentes nos peixes do Baixo São Francisco da III Expedição Científica foram processadas 11 (onze) espécies de peixes totalizando 62 (sessenta e dois) exemplares (Tabela 1).

**Tabela 1.** Classificação, habitat, hábito alimentar e números de exemplares coletados por espécie

| Nome vulgar | Família | Nome científico | Habitat | Hábito alimentar | Exemplares |
|---|---|---|---|---|---|
| **Bagre** | Ariidae | *Bagre marinus* | Bentônico | Onívoro | 1 |
| **Curimatã-pacú (xira)** | Prochilodontidae | *Prochilodus argenteus* | Bentopelágico | Detritívoro | 5 |
| **Oscar** | Cichlidae | *Astronotus ocellatus* | Bentopelágico | Onívoro | 4 |
| **Pacu** | Serrasalmidae | *Myleus micans* | Bentopelágico | Onívoro | 9 |
| **Peixe Cachorro** | Acestrorhynchidae | *Acestrorhynchus pantaneiro* | Bentopelágico | Piscívoro | 1 |
| **Piau** | Anastomidae | *Megaleporinus obtusidens* | Bentopelágico | Onívoro | 3 |
| **Pirambeba** | Serrasalmidae | *Serrasalmus brandtii* | Bentopelágico | Carnívoro | 18 |
| **Piranha preta** | Serrasalmidae | *Pygocentrus piraya* | Pelágico | Carnívoro | 1 |
| **Piranha vermelha** | Serrasalmidae | *Pygocentrus nattereri* | Pelágico | Carnívoro | 4 |
| **Robalo** | Centropomidae | *Centropomus parallelus* | Demersal | Piscívoro | 2 |
| **Tucunaré** | Cichlidae | *Cichla monoculus* | Bentopelágico | Piscívoro, | 14 |

Segundo descrito na metodologia após a finalização do processamento, as amostras serão enviadas para análise inicial dos teores de cádmio, chumbo, mercúrio, zinco, cobre, cromo, ferro e manganês e arsênio. Com os dados obtidos calcula-se os teores médios em mg/Kg (base úmida) para fins de comparação com os limites máximos de tolerância e gerar os quocientes de risco. Os resultados permitirão avaliar se os peixes capturados na região do Baixo São Francisco estão de acordo com os parâmetros da legislação brasileira em relação aos contaminantes químicos inorgânicos e examinar quais quantidades e frequência são consideradas seguras de ingestão. Está análise é de fundamental importância para que tanto a população ribeirinha, que dependem da ingestão direta dessa valiosa fonte de proteína para sua segurança alimentar, quanto a oferta desse pescado aos demais consumidores via comercialização, ambos tenham acesso as informações sobre os potenciais benefícios e riscos aos quais estão sendo expostos. Além disso, será possível comparar os resultados desta expedição com os das edições realizadas em 2018 e 2019 e com os diversos trabalhos publicados

na literatura científica, ajudando a traçar um perfil fidedigno de como está sendo afetada a ictiofauna do Rio São Francisco nos últimos anos.

No geral espera-se que em conjunto com as observações realizadas pelas demais áreas de pesquisa que integraram a expedição permita-se construir um panorama geral da saúde do rio, já que se detectados teores de metais e metaloides na carne dos peixes não recomendados pela ciência, ao associá-los com os aspectos histológicas examinados em outros órgãos do animal juntamente com os parâmetros físicos e químicos da água, solo e sedimentos, pode-se rastrear a origem dos contaminantes, e consequentemente, oportunizar a busca por soluções viáveis e/ou medidas mitigadoras desses impactos.

## 12 - USO DE MICRONÚCLEO E ANORMALIDADES NUCLEARES PARA VERIFICAR A SAÚDE DOS PEIXES NO BAIXO SÃO FRANCISCO

O Biomonitoramento é uma ferramenta utilizada para identificar poluentes que afetam o meio ambiente e pode ser realizado por meio da avaliação de organismos expostos a sistemas biológicos com a possível presença destes (SILVA et al., 2003). Tais poluentes podem ter efeitos genotóxicos em peixes e outros organismos aquáticos e tem sido tema de muitos estudos, principalmente quando se busca estabelecer a resposta de genes a estímulos ambientais (BÜCKER et al., 2006). Muitos trabalhos utilizando peixes têm sido realizados para monitorar ecossistemas aquáticos, estes são considerados bons indicadores da qualidade do meio aquático. Tais organismos, respondem de diferentes maneiras à contaminação, com mudanças na taxa de crescimento, de maturação sexual e comportamentais, além de possíveis mutações no material genético (DNA), que podem ser hereditárias, alterações fisiológicas e bioquímicas (distúrbios na produção de enzimas), comprometimento de diferentes sistemas como o sistema imunológico.

Assim, foi utilizado o teste do micronúcleo e a frequência de anormalidades nucleares, para detectar mutação no material genético, nos peixes coletados na II Expedição do Baixo São Francisco, com o objetivo de avaliar a saúde dos peixes coletados bem como da qualidade da água do Baixo São Francisco.

*Micronúcleo e anormalidades*

A genotoxicidade (dano ao DNA) foi avaliada por meio da visualização de micronúcleos e anormalidades nucleares preparando esfregaços de sangue dos peixes.

Os esfregaços foram preparados em lâminas de microscópio usando 10 µL da solução de sangue/EDTA 10% por lâmina. A lâmina foi seca em temperatura ambiente, fixada em etanol absoluto durante 24 horas e corada com Giemsa 10% durante 10 minutos. Foram preparadas duas lâminas por indivíduo e os micronúcleos e anormalidades foram identificados (CARRASCO et al., 1990). A frequência de eritrócitos micronucleados (MNE) e de anormalidades foi calculada com a contagem de 1500 eritrócitos periféricos por lâmina utilizando microscópio (ampliação de 1000X).

Corpos de cromatina não refrativos, circulares ou ovoides, menores do que um terço do núcleo principal e apresentando o mesmo padrão de coloração e de focalização do núcleo principal, foram classificados como micronúcleos (AL-SABTI e MELCALFE, 1995) (Figura 1). As anormalidades nucleares observadas segundo a metodologia de Carrasco et al. (1990) foram *lobed*, *blebbed*, *notched*, *binucleated* e células em divisão. Essas anormalidades são alterações morfológicas e podem ser do tipo:

- *Notched*- leve evaginação do envelope nuclear;
- *Binucleated* - células apresentando dois núcleos de tamanhos similares;
- *Lobed* - núcleo com evaginação maior que *blebbed*, apresentando formato arredondado, como um lóbulo;
- *Blebbed* - núcleo com um corte no material genético;

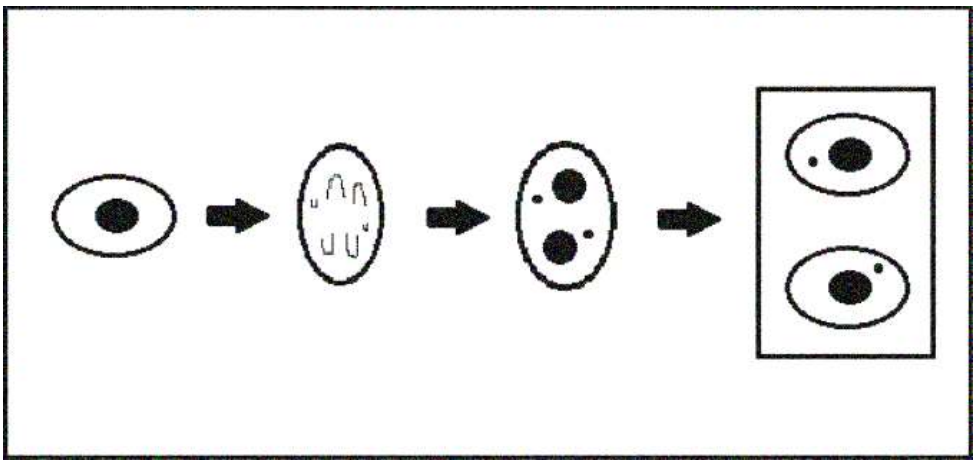


**Figura 1.** Ilustração de micronúcleo em eritrócitos (Baseada nas descrições de CARRASCO et al. 1990; MATSUMOTO et al. 2006).

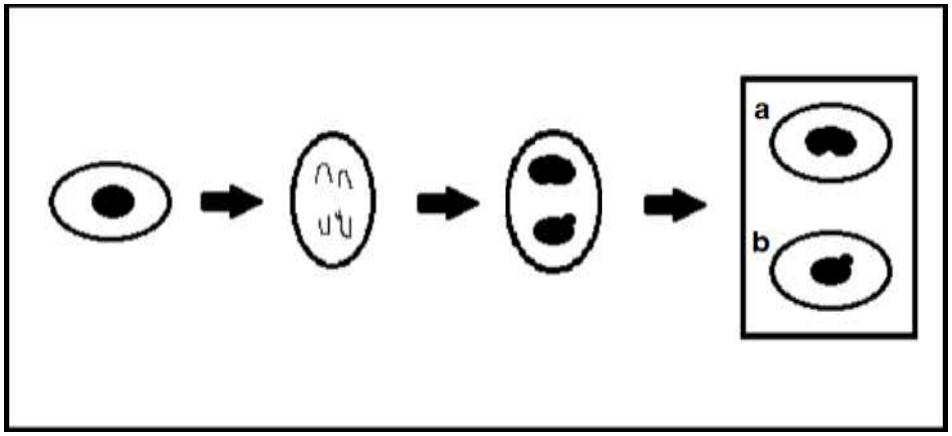



**Figura 2.** Ilustração de anormalidades *lobed* (a) e *blebbed* (b) (Baseada nas descrições de CARRASCO et al. 1990; MATSUMOTO et al. 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram capturados indivíduos das espécies curimatã-pacu (*Prochilodus argenteus*), pacu (*Metynnis maculatus*), piau branco (*Schizodon knerii*), piau três pintas (*Megaleporinus obtusidens*), pirambeba (*Serrasalmus branditt*), piranha verdadeira (*Pygocentrus nattereri*), cascudo (*Hypostomus affinis*), tucunaré (*Cichla monoculus*), tambaqui (*Colossoma macropomum*), carapeba (*Eugerres brasilianus)* e sargo (*Archosargus probatocephalus*).

O teste de micronúcleos e anormalidades é uma técnica que pode ser utilizada em diversos tipos de populações celulares de forma rápida e simples (HAYASHI et al., 1998), sendo uma alternativa vantajosa para avaliar as diversas espécies do Rio São Francisco. É uma técnica rápida, considerada barata e que gera excelente resultado quanto a possíveis alterações no material genético dos organismos analisados.

Observou-se a presença de micronúcleos em todos os pontos de coleta (Pão de Açúcar, Traipu, Penedo, Igreja Nova e Porto Real do Colégio), com exceção de Piaçabuçu, no qual não foram encontrados em nenhum indivíduo analisado (Figura 5). O ponto de Piranhas apresentou maior frequência de células micronucleadas, seguido de Igreja Nova e Porto Real do Colégio, mas não houve diferença significativa entre eles. Estudos realizados ao longo dos últimos anos mostram uma maior frequência de micronúcleos em peixes que estão em áreas próximas a plantações com risco de contaminação por agrotóxicos e pesticidas (KÖNEN & ÇAVAS et al., 2008; ÇAVAS, 2011).

Os resultados obtidos apontam possíveis mudanças na qualidade de água o que reflete na saúde dos organismos que ali vivem, como demonstrado pelo maior número de anormalidades nas cidades com maior concentração populacional à margem do rio, como Piranhas, Igreja Nova e Porto Real do Colégio, municípios que além da pesca e agricultura, possuem também o turismo (Piranhas) como fonte de geração de renda.

Com relação à frequência de anormalidades por espécies pode-se supor que os organismos reagem de formas diferentes à exposição aos agentes nocivos, essa diferença pode ser explicada pelos hábitos alimentares e comportamentais. O que explica a diferença na frequência de anormalidades encontradas nos indivíduos piranha verdadeira (*P. piraya*) e tucunaré (*C. monoculus*), que são animais de hábito alimentar carnívoro, estando no topo da cadeia alimentar, sendo expostos ao processo de biomagnificação, causando uma maior exposição aos agentes nocivos e acumulo de material residual, resultando em uma maior frequência de anormalidades nesses indivíduos.

Tais resultados geram uma preocupação com a saúde do Rio como um todo, mas principalmente com o estado dos organismos que ali vivem. Os danos aqui observados no material nuclear, podem de forma direta ou indireta impactar na manutenção e sobrevivência destas diferentes e importantes espécies (alguma endêmicas) em tal ecossistema.

## 13 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA MATA CILIAR DO BAIXO SÃO FRANCISCO

A remoção da cobertura vegetal ao longo dos cursos hídricos e, principalmente nas encostas do rio São Francisco ao longo de séculos tem proporcionado o carreamento do solo desprotegido pela chuva para dentro das calhas dos afluentes e do rio, produzindo o assoreamento que reduz ainda mais o volume de águas disponíveis. O desmatamento em toda a bacia cresce a cada dia, sendo que a região do Baixo São Francisco devido a sua potencialidade agropecuária aparece como a região mais desmatada da BHRSF. O solo desprotegido desaba na beira do rio ou é levado pelas enxurradas para dentro do São Francisco, tornando o rio mais largo e menos profundo. (A gestão do CBHSF 2016-2020 - Comitê da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco

A vegetação ciliar atua como filtro, evitando a passagem de resíduos tóxicos, decorrentes do uso de agrotóxicos nas atividades econômicas da vizinhança direta às nascentes e/ou corpos hídricos. Dessa forma, as matas ciliares também influenciam na

qualidade da água das nascentes e cursos hídricos (CASTRO et al., 2012). Haja vista a importância ambiental da vegetação ciliar, a Lei Federal 12.651/2012 traz medidas de proteção e define o território como Área de Preservação Permanente (APP), que tem como função preservar os recursos hídricos (BRASIL, 2012).

Embora a conservação e a preservação de vegetação ciliar apresentem grande relevância econômica, social e ambiental, havendo dispositivos legais para proteção dessas áreas, áreas ciliares encontram-se fortemente degradadas, quando considerado o cenário local e/ou da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Vale salientar que existem programas de média e longa duração para o diagnóstico, monitoramento e recuperação de nascentes, como os projetos já desenvolvidos pelo Ministério do Meio Ambiente, Comitê da Bacia Hidrográfica do São Francisco, CODEVASF, e o CRAD. Ainda assim, tais projetos não têm sido suficientes para superar as ações de degradação das áreas citadas. São necessários que os esforços sejam ampliados, como em frentes de trabalho desenvolvidos pela cooperação das universidades e a comunidade.

Nesse sentido, surge o presente estudo da vegetação ciliar do Rio São Francisco, na III Expedição Científica do São Francisco. Os resultados aqui apresentados derivam de métodos e técnicas rápidas e não-destrutivas, com o uso de geoprocessamento e sensoriamento remoto (sensores orbitais e drone), e análises alicerçadas em pressupostos teóricos da Ecologia da Paisagem. Foram avaliadas a mata ciliar e as demais classes de uso e ocupação do solo em seu entorno imediato, com fins de determinação da qualidade ambiental da vegetação ciliar e seu nível de fragilidade. Para tanto, consideramos o tamanho das áreas com cobertura vegetal, número de fragmentos, distribuição espacial da vegetação e status de retalhamento, relação perímetro-área, análise de áreas de borda e áreas-núcleo, e a estrutura da vegetação. Esses dados e análises constituem ferramentas auxiliares para o planejamento e o ordenamento territorial (METZGER, 2001). Tais dados e informações, quando associada às análises de sensoriamento remoto, são potencializadas enquanto ferramentas para o diagnóstico do status quo dos fragmentos vegetacionais, a saber: quantificação e determinação da condição biológica da vegetação (relacionadas ao nível de fragilidade do fragmento vegetacional, quantidade de pigmentos, nutrientes e água na vegetação) (CAMPBELL et al., 2007; GATES et al., 1965; SOUSA et al., 1996).

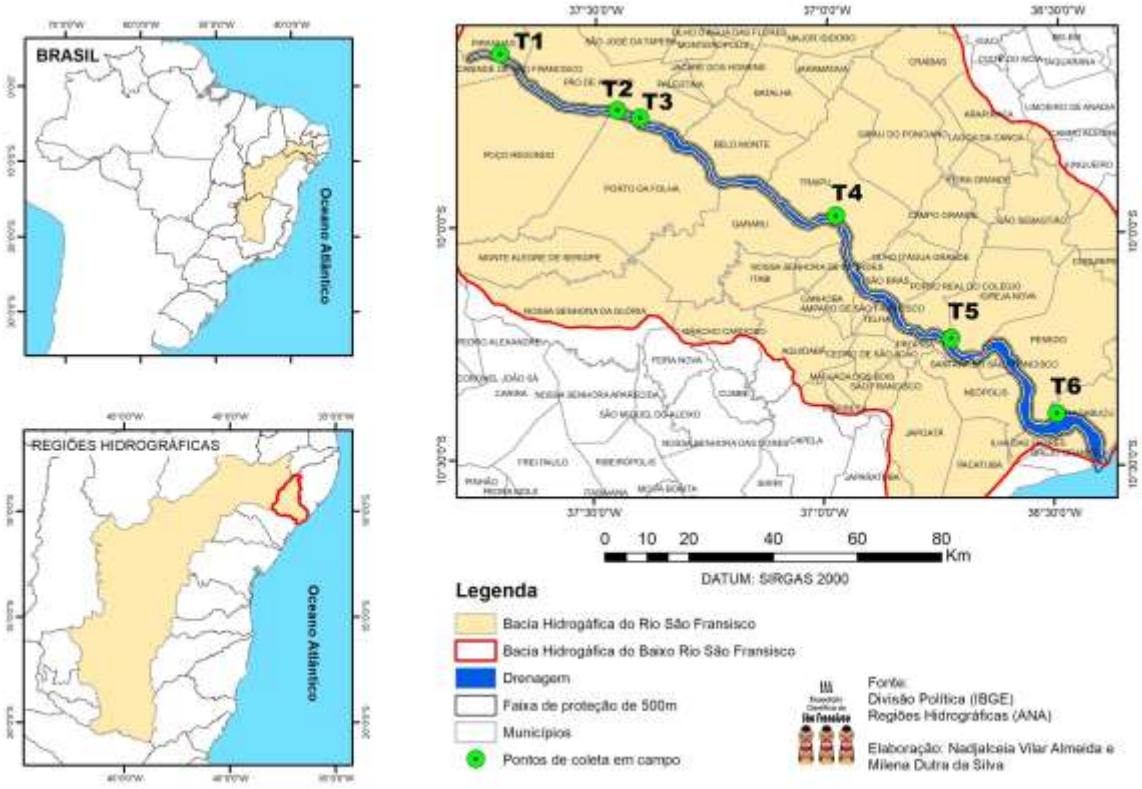
**Objetivo Geral**

Estudar a vegetação ciliar do Baixo São Francisco, com fins de diagnóstico ambiental.

**Objetivos Específicos**

- Analisar as características edafoclimáticas do Baixo Rio São Francisco.
- Mapear a área de cobertura de vegetação ciliar no curso hídrico principal (paisagem atual) no Baixo Rio São Francisco;
- Determinar índices da paisagem (forma e tamanho) de manchas de vegetação ciliar do curso hídrico (paisagem atual) no Baixo Rio São Francisco;
- Identificar áreas ciliares de maior fragilidade ambiental (paisagem atual);
- Identificar áreas de passivo ambiental: áreas que segundo a legislação ambiental deveriam estar com cobertura vegetal e atualmente não estão, tais como áreas de preservação permanente (APP);
- Identificar áreas prioritárias para restauração florestal;
- Descrever a fauna associada aos ambientes ciliares;
- Para diagnóstico da vegetação ciliar foram selecionados fragmentos remanescentes de floresta nativa em áreas ciliares dos municípios alagoanos da Região do Baixo Rio São Francisco (BSF): Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Porto Real do Colégio e Piaçabuçu (Figura 1). A seleção destes municípios e remanescentes estudados está fundamentada pela amostra representativa de diversidade de florestas estabelecidas no BSF: floresta caducifólia (Piranhas a Traipu) e subcadocifólia (Porto Real do Colégio e Piaçabuçu).

Figura 1. Localização da área de estudo para diagnóstico da vegetação ciliar alagoana na Região do Baixo Rio São Francisco.




***Análise Edafoclimática***

*Análise de solo*

Foi realizada amostragem de solo (0-20cm) no local de estabelecimento de quatro pontos de caracterização da vegetação em oito transectos, totalizando 32 amostras. As análises incluíram avaliação de macro e micronutrientes, bem como a CTC e matéria orgânica disponível em cada localidade.

*Dados de estimativa da chuva pelo Tropical Rainfall Measurement Mission (TRMM)*

Os dados estimados pelo algoritmo 3B43v-7 correspondem à precipitação obtida a partir do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), que combinam dados da Advanced Microwave Sounding Unit (AMSU), Special Sensor Microwave Image (SSM/I), Advanced Microwave Scanning Radiometer (AMSR), TRMM Microwave Imager (TMI). Os dados são disponibilizados diariamente com uma resolução temporal de 3 horas, das 00:00 às 21:00 UTC, para uma grade de 7 pixels com resolução espacial de 0,25º × 0,25º (~ 770 km$^2$) que cobre o município de Petrolina, considerando o período de dados de chuva (2013 a 2019) (NASA, 2020).

Os dados mensais de estimativas do TRMM foram gerados a partir da acumulação dos dados diários em intervalos de 3 horas. Posteriormente, os dados mensais foram convertidos

para acumulados anuais.

*Índice de Aridez*

O índice de aridez (IA) é amplamente utilizado para relacionar o grau de suscetibilidade de déficit hídrico de uma determinada região, decorrente das alterações do volume de chuva e temperatura do ar local (Salvati et al., 2012). Em áreas agrícolas, quando a demanda evapotranspirativa excede as chuvas, ocasiona problemas com aridez ou semiaridez no local. Sendo esse tipo de fenômeno calculado conforme descrito por Thornthwaite (1948).

- $IA = P/ET_0$

Em que, P é a chuva média anual (mm), e $ET_0$ é a evapotranspiração de referência (mm). Utilizaremos cinco classificações para o IA, conforme os seguintes critérios: Hiperárido (IA < 0,05); Árido (IA de 0,05 a 0,2); Semiárido (IA de 0,20 a 0,50); Subúmido seco (IA de 0,5 a 0,65); e Úmido (IA > 0,65) (Leng et al., 2020).

*Índice de Vulnerabilidade pela Declividade (IVD)*

Para geração do mapa de declividade foi utilizado um mosaico digital de dados altimétricos do projeto Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)/ National Aeronautics and Space Administration (NASA), dos quadrantes SC-24-Z-A, SC-24-Z-B, SC-24-X-C, SC-24-X-D, com auxílio do software GRASS 7.6.1. Os índices foram definidos, então, a partir da reclassificação de pixels do arquivo da declividade

***Mapeamento e caracterização da vegetação ciliar no Baixo Rio São Francisco***

Com fins de mapear a vegetação ciliar no BSF foram utilizadas imagens de radar do projeto Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), imagens de satélites LANDSAT e Planet Scope (Licença para Pesquisa, professoras Nadjacleira Vilar Almeida/UFPB e Milena Dutra da Silva/UFAL) (Planet team, 2017); os dados foram trabalhados no software livre e gratuito *Quantum Gis*.

Foram delimitadas as Áreas de Preservação Permanente Ciliares (APPCs), de acordo com o Código Florestal Brasileiro (Lei Federal Nº 12.651, de 25 de maio de 2012) e com a Resolução CONAMA nº 303/2002. As APPCs foram identificadas com base em uma análise de proximidade (ferramenta *Buffer*) que considera as faixas marginais propostas para cada curso d'água. Na análise aqui apresentada foram considerados 500 m de faixa

de proteção. Os dados foram confirmados em campo, com pontos amostrais nas diferentes feições ao longo do baixo curso do Rio São Francisco.

Foram utilizados índices de vegetação derivados de imagens multiespectrais de satélites e de drone. O processamento das imagens envolveu a análise visual e estatística das características espectrais de todas as bandas do sistema selecionado, separadamente. Para o mapeamento da cobertura vegetal ciliar foram geradas imagens com valores de reflectância para cada banda analisada. Para obtenção das imagens com valores de reflectância foram realizadas: 1) calibração radiométrica das imagens para obtenção da radiância espectral monocromática (Markham e Baker, 1987); e 2) a razão entre o fluxo de radiação refletida e o fluxo de razão incidente (reflectância) (Allen et al., 2002). Foram determinados índices de vegetação específicos para a análise das condições fisiológicas, conteúdo hídrico e teor de pigmentação foliar, a partir dos dados obtidos de reflectância.

Para o estudo da eficiência fotossintética das folhas foram realizadas análises de pigmentos foliares, sobretudo clorofila (a e b) através da utilização do "índice de vegetação pela diferença normalizada" (NDVI, Normalized Difference Vegetation Index) (Penuelas e Inoue, 1999). A partir do NDVI e conhecimento de campo foram definidas classes fitofisiográficas: áreas não-vegetadas; vegetação rala, vegetação esparsa, vegetação de transição e vegetação densa, adaptado de Chuvieco (1990).

*Coleta de dados em campo*

Para fins de conhecimento da composição florística da vegetação ciliar do BSF, foram selecionados os maiores fragmentos de vegetação remanescente e, no interior destes, foram estabelecidos transectos com 5 pontos amostrais, com intervalo de 10 m. Nestes pontos foram capturados dados e informações florísticas das espécies/morfotipos: frequência, altura, CAP (Circunferência a Altura do Peito), informações morfológicas e fenológicas. De modo adicional, foram efetuadas coletas de solo ao longo dos transectos para posterior análise na EMBRAPA Solos. Estes dados serão apresentados no relatório final.

Com fins de obtenção de maior precisão no mapeamento da vegetação, os fragmentos selecionados para coleta de dados em campo foram mapeados com auxílio de drone. Estes dados estão em fase de processamento e análise e possibilitarão a determinação de status de saúde da vegetação ciliar do BSF.

### *Fauna associada*

Foram consideradas diferentes formas de registro para espécies da fauna nos ambientes terrestres avaliados durante a III Expedição Científica do rio São Francisco. A ocorrência de espécies de aves e mamíferos de pequeno e médio portes foram foco da atenção da equipe durante a expedição. Os registros se basearam em capturas (C), avistamentos (Av), vestígios (V), Informação local (IL), foto/vídeo(FV). Foram consideradas informações obtidas durante reuniões realizadas em algumas comunidades ribeirinhas, organizadas pela equipe de sócio-economia da III Expedição. Quando viável realizamos anotações sobre as espécies da fauna que ocorre na região do Baixo São Francisco, a partir de uma questão aberta "quais são as espécies animais que observam na região , durante o seu dia-a-dia." Foram utilizadas em campo armadilhas fotográficas e armadilhas para caputura de pequenos mamíferos (Autorização SISBIO # ). Consideramos ainda a presença de indícios indiretos tais como fezes, tocas, pegadas, marcas em árvores, carcaças, animais de museu e xerimbabos como corroborações da ocorrência de espécies animais na região do Baixo Rio São Francisco.

## Resultados

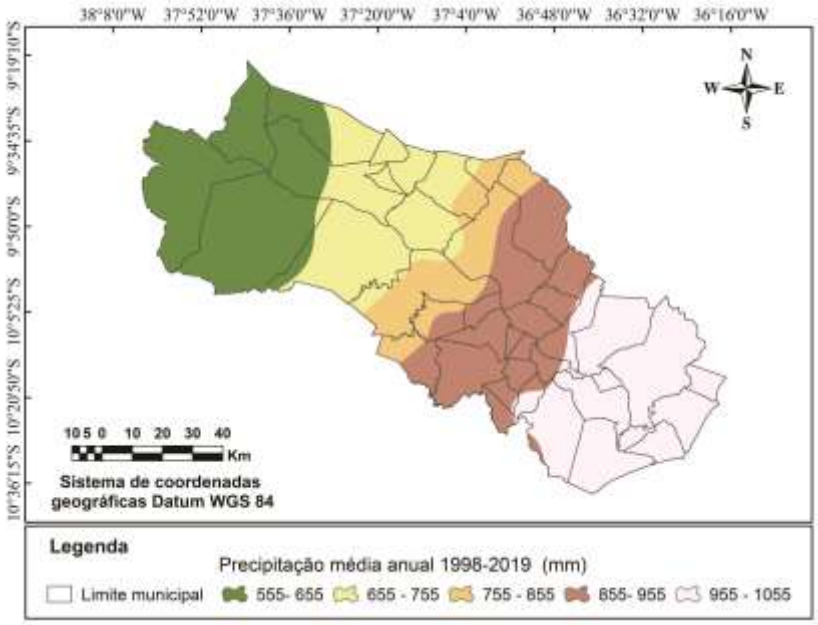
### *Análise Edafoclimática*

Devido às suas grandes dimensões, a região em estudo apresenta dois extremos climáticos: uma zona com clima do tipo AS—tropical a leste Traipu e Garuru, com inverno e chuvas moderadas e, uma zona com clima do tipo BSh—semiárido, de baixa latitude e altitude com balanço hídrico negativo localizada, partindo de Traipu e Garuru em direção ao oeste da região em estudo. Quanto à temperatura do ar, as médias anuais variam entre 24 e 26 °C (Alvarez et al., 2013).

A precipitação anual da região em estudo do BSF (Figura 2) possui variabilidade espacial semelhante ao mapa normal climatológico apresentado pelo serviço meteorológico do Brasil: INMET (www.inmet.gov.br). Os municípios estudados apresentam variação nas médias de precipitação pluviométrica anuais. Os maiores volumes médios de precipitação ocorrem a leste entre os municípios de Piaçabuçu e Porto Real do Colégio em Alagoas e Brejo Grande e Propriá em Sergipe com valores que variam de 955 a 1055 mm. As médias de precipitação diminuem na direção oeste, com as menores médias de precipitação pluviométrica observadas

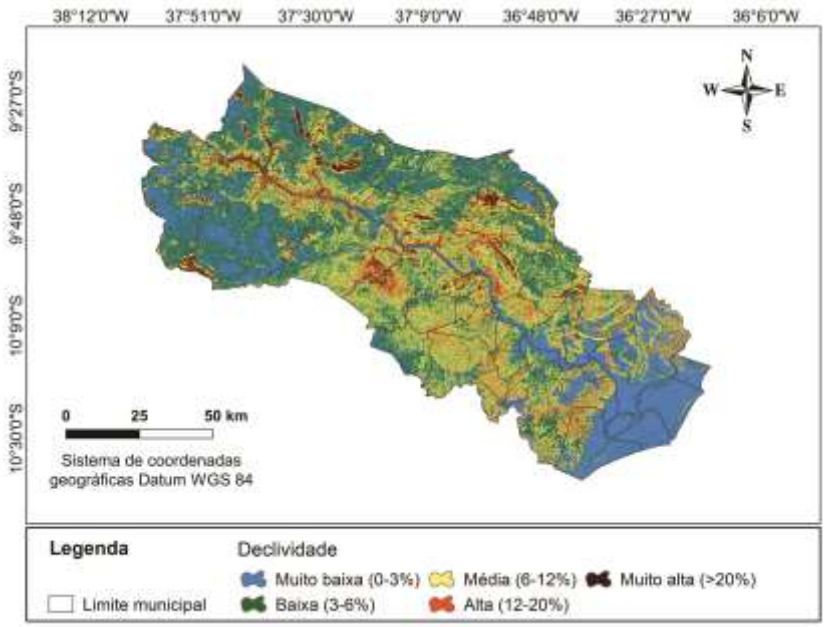
entre os municípios de Piranhas e Pão de Açúcar em Alagoas e Canindé de São Francisco e Porto da Folha em Sergipe com valores que variam entre 555 e 655 mm.

Figura 2. Precipitação anual da Região do Baixo Rio São Francisco.




O relevo do Baixo Rio São Francisco é pouco acidentado e com baixa declividade, desde Xingó até a foz. De acordo com o mapa de declividade da região em estudo, pode-se observar que 32,0% das terras da bacia foram classificadas na classe muito baixa, 0 a 3% de declividade, o que representa um baixo risco de erosão dos solos. Somando-se a classe baixa, 3 a 6% de declividade, este percentual chega a 62,0% (Figura 3). Segundo Francisco et al. (2020), estes resultados implicam em menor poder de arraste de sedimentos da bacia por ocasião de escoamento superficial de corrente de atividade antrópicas ou da ocorrência de chuvas, em relação às regiões de maiores declividades, como as observadas no Alto e Médio São Francisco.

Figura 3. Declividade do Baixo Rio São Francisco.




No entanto, 11,00% da área da região em estudo, apresenta declividade nas classes alta e muito alta (Fig.), fator que torna os solos desta região vulneráveis à degradação quando na ausência de vegetação, vulneráveis a terras por declividade, vale ressaltar que essas áreas estão distribuídas ao longo das cabeceiras do rio.

***Vegetação Ciliar do Rio São Francisco***

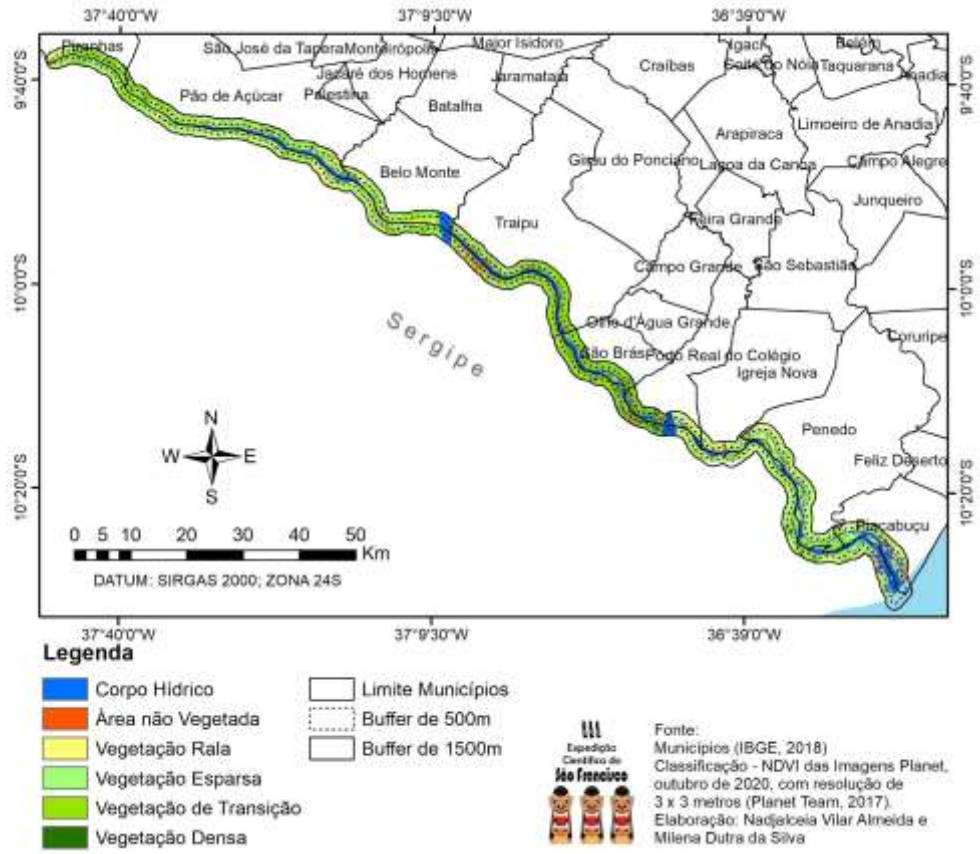
A mata ciliar do BSF, em Alagoas, de modo geral, é caracterizada por uma composição florística de floresta caducifólia, de Piranhas a Porto Real do Colégio, e floresta subcaducifólia, de Porto Real do Colégio a Piaçabuçu. Neste último município, destaca-se uma composição florística de restinga, nos cordões arenosos, e em proximidade à foz, a presença de mangue.

A composição florística reverbera as condições edafoclimáticas e de disponibilidade hídrica e de nutrientes minerais (Larcher, 2006). Sobre estes remanescentes há, ainda, a pressão ocasionada pelo processo histórico cultural de uso e ocupação dessas áreas ciliares para fins urbanos e/ou rurais, promovendo alterações florísticas (inserção de espécies exóticas) e/ou supressão de vegetação nativa ao longo do tempo.

Ao analisar os dados de índice de vegetação para a margem ciliar do BSF, em sua faixa de proteção de 500 m e sua vizinhança imediata, observa-se

que nos municípios alagoanos dessa região a densidade de vegetação é variável (Figura 4). Em áreas com organismos fotossintetizantes o NDVI variou entre 0,207 e 0,866. Essa variação é justificada pela densidade de biomassa fotossintetizante relacionada às características florísticas, nível de degradação ambiental e estágio de sucessão ecológica, também variáveis ao longo da área ciliar do BSF.

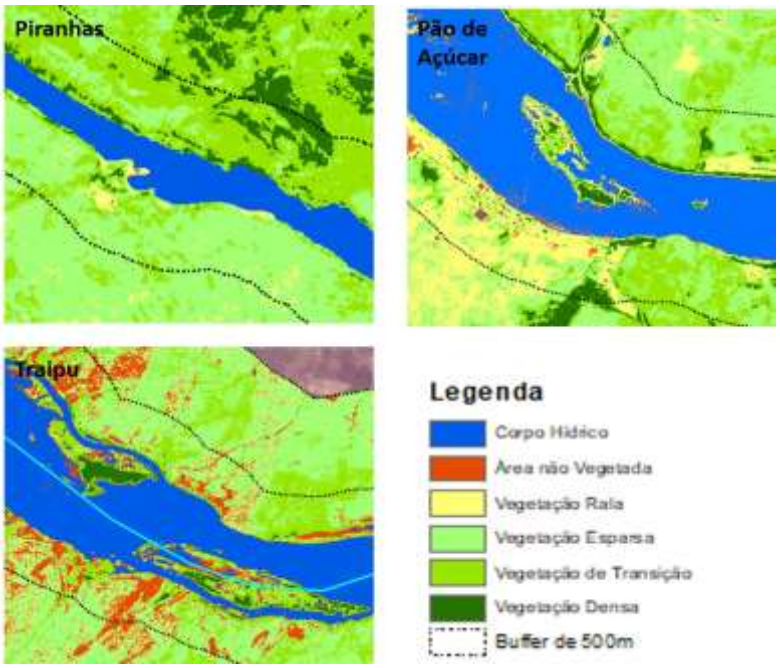
Figura 4. Índice de Vegetação NDVI para a área ciliar da Região do Baixo Rio São Francisco.




Destaca-se que em regiões mais áridas e com floresta caducifólia, a vegetação arbórea nativa apresentou NDVI entre 0,321 e 0,525, a exemplo dos municípios de Piranhas, Pão de Açúcar e Traipu. Estes municípios apresentam vegetação fragmentada, com diminutas áreas de maior densidade de vegetação. Em Pão de Açúcar, a maior parte dos fragmentos de maior densidade encontra-se fora da faixa de 500 m. Em Traipu, há um predomínio de áreas não vegetadas nessa faixa,

sobretudo na região ciliar à montante e, à jusante, predominam vegetação de transição e densa, também fragmentadas (Figura 5).

Figura 5. Classes fitofisiográficas nas áreas ciliares de Piranhas, Pão de Açúcar e Traipu, baseado em valores de NDVI, imagem PlanetScope de outubro de 2020.

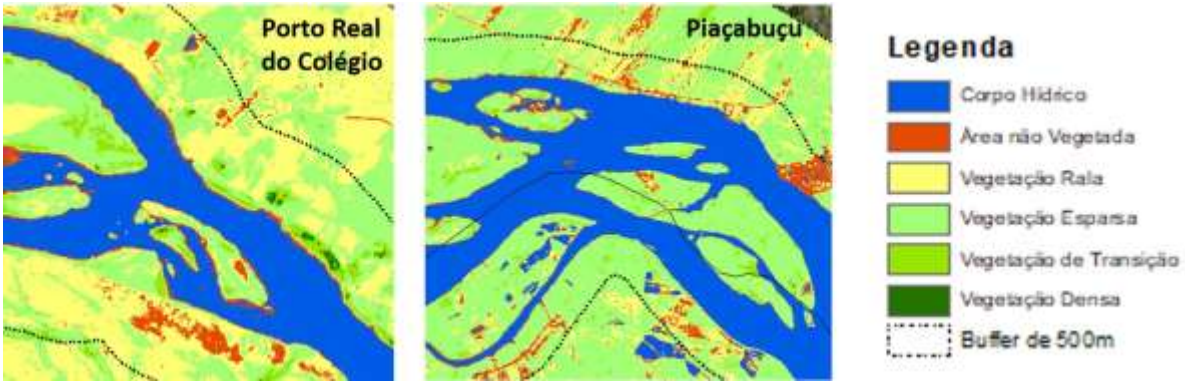



Vale destacar que em algumas áreas de maior aridez, como no município de Traipu, os valores de NDVI chegaram a 0,866. Embora valores elevados de NDVI sejam associados a uma vegetação densa, para o caso de áreas de maior aridez estudadas por esta expedição científica, correspondem a lagos e/ou áreas alagáveis com grande densidade de macrófitas, sobretudo *Pistia stratiotes* L. (alface d'água), em Traipu (Figura 6), e/ou aparente floração de microalgas, além de cultivos de copa densa como a mangueira.

Figura 6. Macrófita *Pistia stratiotes* L. (alface d'água), em uma lagoa em Traipu, Alagoas. Foto: Milena Dutra, em 03/12/2020.

De Porto Real do Colégio a Piaçabuçu, a vegetação arbórea nativa apresenta NDVI entre 0,400 e 0,694. Na faixa de proteção de 500 m nesses municípios, predominam a vegetação rala (0,100 a 0,200) e esparsa (0,200 a 0,400) (Figura 7). Os fragmentos florestais de maior densidade ou maior nível de sucessão ecológica são fragmentados e, em sua maioria, circundados por usos rurais. Destaca-se, ainda, que nesses municípios, sobretudo em Porto Real do Colégio, predominam plantio de monoculturas na faixa de proteção.

Figura 7. Classes fitofisiográficas nas áreas ciliares de Porto Real do Colégio e Piaçabuçu, baseado em valores de NDVI, imagem PlanetScope de outubro de 2020.




Nas áreas de vegetação remanescente selecionadas para a verificação dos dados de NDVI em campo, foram observadas nos transectos uma fitofisiografia esparsa e de transição, como nos municípios de Piranhas e Pão de Açúcar (Figura 8), Traipu

(Figura 9), Porto Real do Colégio e Piaçabuçu (Figura 10). Em sua maioria, correspondem a propriedades privadas, com algum nível de intervenção humana (cercamento, exposição a caprinos e bovinos).

Figura 8. Distribuição fitofisiográfica na área ciliar do Baixo São Francisco, municípios de Piranhas e Pão de Açúcar, baseado em valores de índice de vegetação (NDVI).

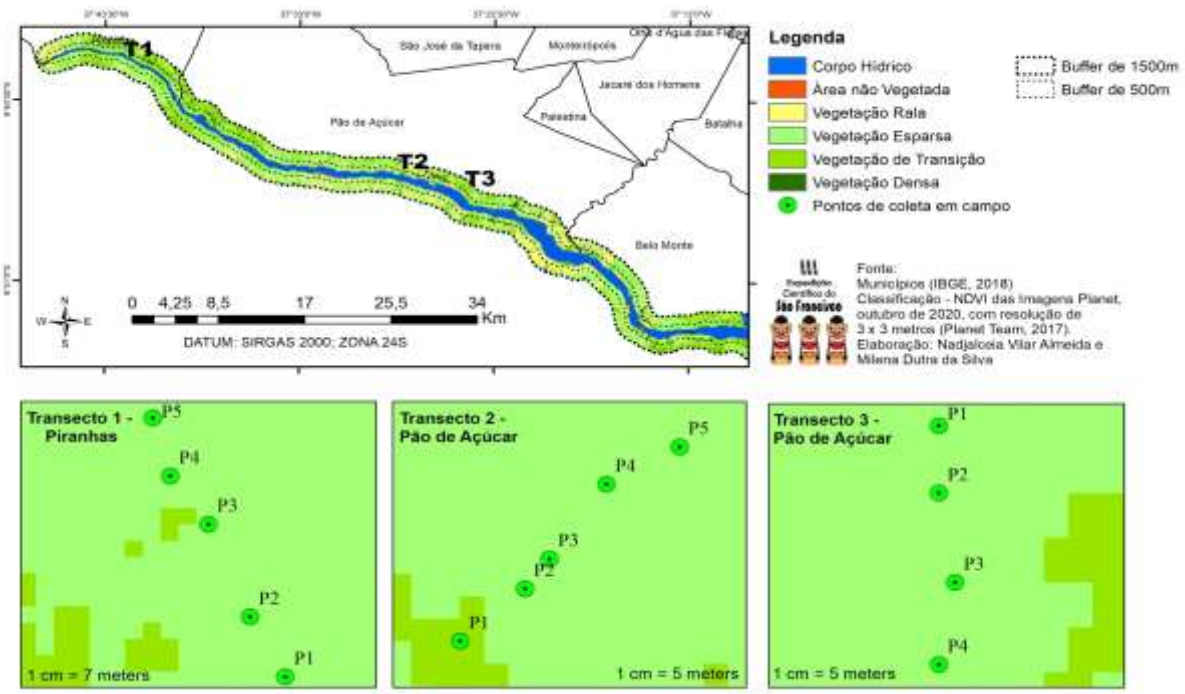



Figura 9. Distribuição fitofisiográfica na área ciliar do Baixo São Francisco, município de Traipu, baseado em valores de índice de vegetação (NDVI).

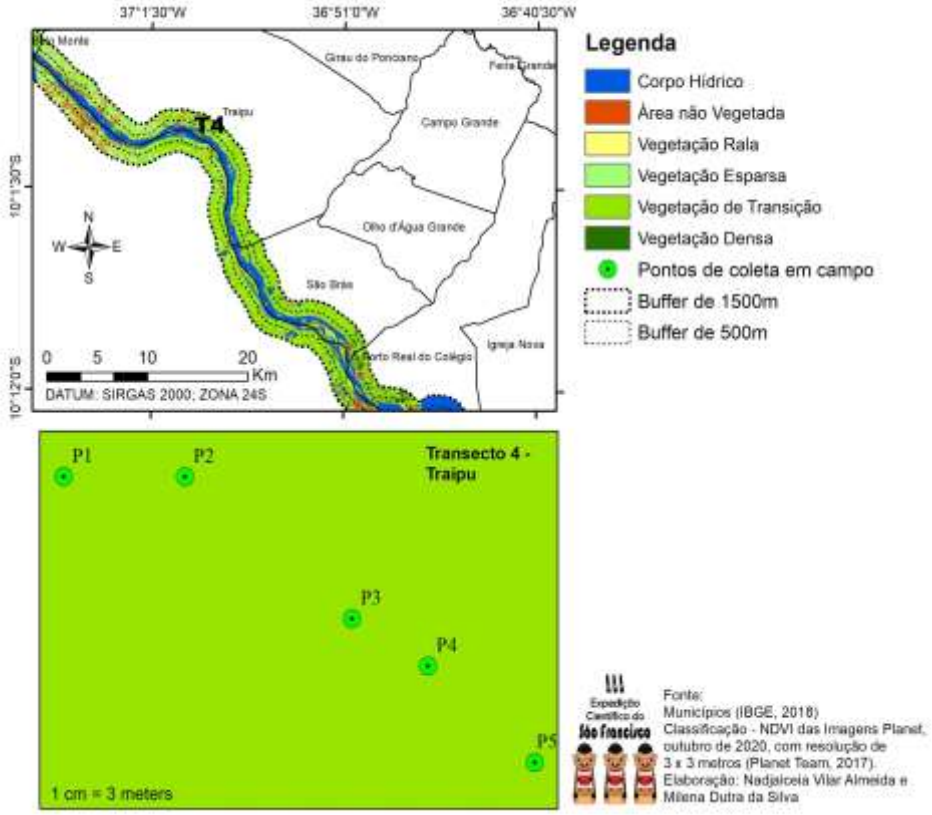
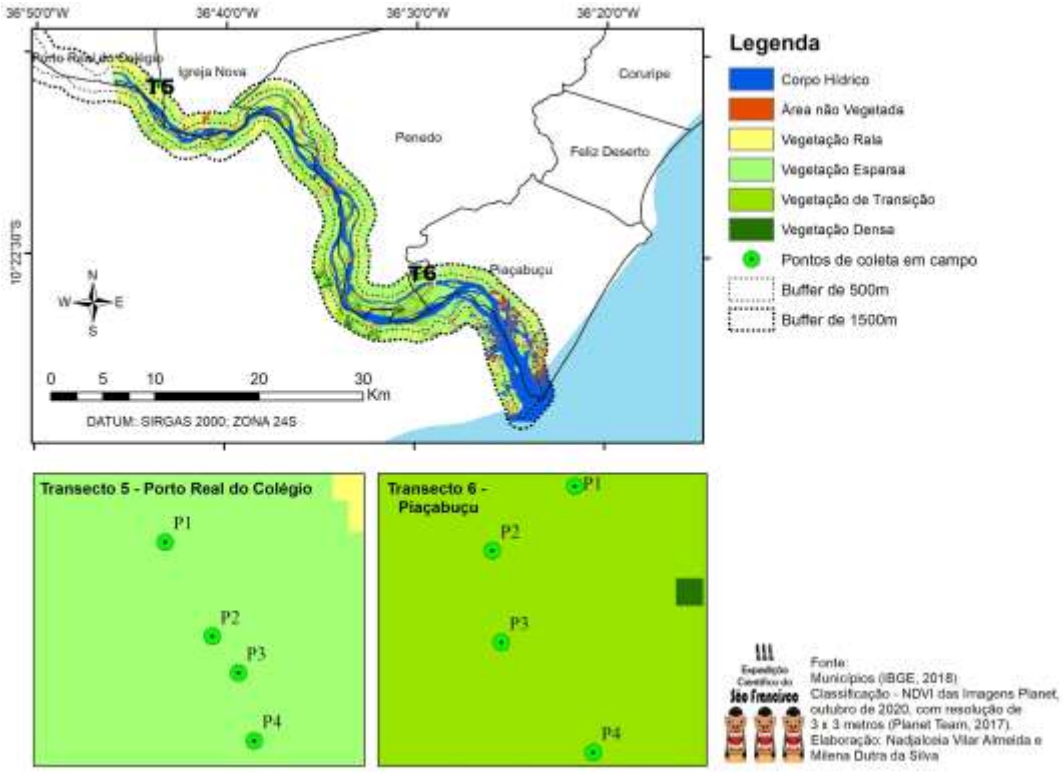



Figura 10. Distribuição fitofisiográfica na área ciliar do Baixo São Francisco, município de Porto Real do Colégio e Piaçabuçu, baseado em valores de índice de vegetação (NDVI).




Em Piranhas, a vegetação se caracteriza por uma composição florística arbórea de caatinga (Quadro 1), com espécies heliófitas, adaptadas a baixa disponibilidade hídrica, com destaque para a ocorrência de imburana (*Amburana cearenses* (Alemão) A.C. Sm.), braúna (*Schinopsis brasilienses* Engl.), catingueira (*Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz), entre outras. A composição florística, com espécies clímax entre as mais frequentes, indica que esta área está em processo avançado de sucessão ecológica. Destaca-se que a área estudada apresenta cercamento, limitando o acesso de caprinos e bovinos, e está no topo da encosta.

Pão de Açúcar e Traipu também apresentaram espécies heliófitas e adaptadas à restrição hídrica (Quadro 1 e Figura 11). Em Pão de Açúcar destacam-se entre as espécies comumente encontradas, espécies pioneiras indicando um quadro inicial de recuperação ambiental. Trata-se de uma área de encosta que, embora cercada, é utilizada para o pastoreio e ou passagem de pessoas para acesso ao rio. Em Traipu, são encontradas espécies clímax, secundárias e pioneiras, indicando um quadro de perturbação em fase de recuperação. Nessa área, encontra-se evidência de corte de madeira recente. Há presença de cercamento e, no entorno, há uso rural (plantio e pastoreio).

**Quadro 1.** Espécies arbóreas da mata ciliar do Rio São Francisco, em Alagoas.

| **Nome Popular** | **Nome Científico** | **Família** | **Ocorrência*** | **Informações Ecológicas ***** |
|---|---|---|---|---|
| Amescla | *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand | Burseraceae | Penedinho/ Piaçabuçu | Heliófita; frequente em solos arenosos e/ou em áreas ciliares. Formações florestais primárias ou secundárias. Floração: agosto a setembro. Polinização: Morcegos e abelhas. Frutificação: novembro a dezembro. Dispersão zoocórica: ornitocórica e mirmecórica. |
| Angico | *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan | Fabaceae | Pão de Açúcar | Heliófita; pioneira ou secundária inicial; grande capacidade de se desenvolver em solos pobres e/ou erodidos. Floração: outubro a novembro. Polinização: abelhas e insetos pequenos. Frutificação: maio a junho. Dispersão: autocórica (barocórica). |
| Braúna | *Schinopsis brasilienses* Engl. | Anacardiaceae | Piranhas | Heliófita; espécie clímax; em risco de extinção. Floração: junho a setembro. Polinização: melitofilia. Frutificação: outubro e novembro. Dispersão: anemocórica. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Catingueira | *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz | Fabaceae | Piranhas; Pão de Açúcar; e Traipu | Heliófita; xerófita; pioneira; endêmica; adaptável aos diferentes solos, incluindo solos pobres e pedregosos Floração: outubro a fevereiro. Polinização: melitofilia. Frutificação: dezembro e junho Dispersão: autocórica (barocórica). |
| Craibeira | *Tabeuia aurea* (Silva Manso) S. Moore | Bignoniaceae | Piranhas; Porto Real do Colégio** | Heliófita; secundária; tolerante a solos salinos; frequente em áreas ciliares. Floração: agosto e setembro. Polinização: ornitofilia. Frutificação: agosto a outubro. Dispersão: anemocórica. |
| Cambuí | *Myrciaria floribunda* (H.West ex Willd.) O.Berg | Myrtaceae | Penedinho/Piaçabuçu | Nativa. Espécie secundária; pode ocorrer em solos arenosos inundáveis e não-inundáveis. Floração: setembro a janeiro. Polinização: melitofilia. Frutificação: outubro a março. Dispersão zoocórica. |
| Facheiro | *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) Zappi | Cactaceae | Piranhas; Pão de Açúcar | Heliófita; xerófita; pioneira. Grande capacidade de se desenvolver em solos rasos; espécie chave para a recuperação de áreas degradadas. Floração: novembro a fevereiro. Polinização: quiropterofilia. Frutificação: janeiro a abril. Dispersão: zoocórica |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Gulande-carvalho | *Calophyllum brasiliense* Cambess. | Calophyllaceae | Penedinho/ Piaçabuçu | Heliófita; ocorre em áreas ciliares encharcadas; em formações florestais pioneiras ou em outros níveis de sucessão ecológica. Polinização: melitofilia. Frutificação: maio a junho e agosto a novembro. Dispersão: quiropterocoria; ou hidrocoria (frutos sem endocarpo). |
| Imburana-de-cheiro | *Amburana cearenses* (Alemão) A.C. Sm. | Fabaceae | Piranhas; Traipu | Heliófita; espécie clímax; em risco de extinção. Floração: maio a julho. Polinização: melitofilia. Frutificação: junho a outubro. Dispersão: anemocórica. |
| Jacarandá | *Jacaranda acutifolia* Bonpl. | Bignoniaceae | Penedinho/ Piaçabuçu | Heliófita; pioneira. Floração: agosto a novembro. Polinização: melitofilia. Frutificação: maio a setembro. Dispersão: anemocórica. |
| Jatobá | *Hymenaea martiana* Hayne | Fabaceae | Penedinho/ Piaçabuçu | Heliófita; espécie clímax, comum em áreas ciliares. Floração: dezembro a fevereiro. Polinização: quiropterofilia. Frutificação: março a maio. Dispersão: zoocórica |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Jurema | *Mimosa tenuiflora* (Wild.) Poir. | Mimosaceae | Pão de Açúcar | Heliófita; pioneira à formação secundária de áreas de várzea e/ou solo úmido e profundo, porém também se desenvolve sob restrição hídrica; indicada para a recuperação de áreas ciliares degradadas. Floração: novembro a fevereiro (período de estiagem). Polinização: melitofilia. Frutificação: novembro a fevereiro (período de estiagem). Dispersão: autocórica |
| Louro | *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex. Steud. | Boraginaceae | Penedinho/<br>Piaçabuçu | Heliófita; espécie secundária. Comum em áreas ciliares, com preferência por solo mais férteis. Floração: maio a junho. Polinização: abelhas e insetos. Frutificação: julho a setembro. Dispersão: anemocórica. |
| Mandacaru | *Cereus jamacaru* D.C. | Cactaceae | Pão de Açúcar; Traipu | Xerófila; pioneira. Floração: novembro a janeiro (logo após as primeiras chuvas). Polinização: quiropterofilia. Frutificação: janeiro a março. Dispersão: zoocórica. |
| Mororó | *Bauhinia cheilantha* (Bong.) D. Dietr. | Fabaceae | Piranhas; Pão de Açúcar | Heliófita; pioneira. Floração: maio a agosto. Polinização: quiropterofilia. Frutificação: julho a setembro. Dispersão: autocórica |
| Murta Roxa | *Myrtus* cf. L. | Myrtaceae | Penedinho/<br>Piaçabuçu | (Informação dependente da confirmação da identificação da espécie.) |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Paineira | *Ceiba glaziovii* K. Schum. | Malvaceae | Traipu | Heliófita; secundária; endêmica. Floração: maio a outubro. Polinização: quiropterofilia. Frutificação: setembro a dezembro. Dispersão: anemocórica. |
| Pau Ferro | *Libidibia ferrea* Mart. ex. Tul. | Fabaceae | Traipu | Heliófita; seletiva xerófita; clímax. Floração: janeiro a março. Polinização: melitofilia. Frutificação: julho a outubro. Dispersão: zoocórica |
| Pereiro | *Aspidosperma pyrifolium* Mart. | Apocynaceae | Piranhas; Pão de Açúcar; Traipu | Heliófita; secundária. Floração: julho a outubro. Polinização: esfingofilia. Frutificação: julho a novembro. Dispersão: anemocórica. |
| Peroba | *Aspidosperma* cf. *cylindrocarpon* Muell. Arg. | Apocynaceae | Penedinho/<br>Piaçabuçu | Heliófita; secundária, frequente em áreas ciliares. Floração: setembro a novembro. Polinização: insetos. Frutificação: agosto a outubro. Dispersão: anemocórica. |
| Pião roxo | *Jatropha gossypiifolia* L. | Euphorbiaceae | Pão de Açúcar | Pioneira, adaptada a uma maior disponibilidade de matéria orgânica no solo. Floração: julho. Polinização: melitofilia e ornitofilia. Frutificação: setembro a novembro. Dispersão: autocórica. |
| Quixabeira | *Sideroxylon obtusifolium* (Roem. & Schult.) T. D. Penn. | Sapotaceae | Pão de Açúcar | Heliófila seletiva; higrófita; comum em áreas ciliares e várzeas úmidas. Floração: outubro a dezembro. Polinização: abelhas e moscas silvestres. Frutificação: janeiro a abril. Dispersão: ornitocórica. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Umbu | *Spondias tuberosa* Arruda | Anacardiaceae | Traipu | Heliófita; espécie clímax; ocorre em solos diversos. Floração: outubro a janeiro. Polinização: melitofilia. Frutificação: novembro a março. Dispersão: zoocórica. |
| Velame | *Croton* cf. *heliotropiifolius* Kunth | Euphorbiaceae | Pão de Açúcar | Heliófita; pioneira. Polinização: abelhas e moscas silvestres. Dispersão: mirmecórica |

*Refere-se às áreas em que foram delimitados os transectos. **Avistamento em proximidade às áreas dos transectos, porém não foram incluídas no senso e análises para a composição florística da referida área. ***Fonte: Santos et al. (2009); EMBRAPA (2021); CNIP (2021).

Figura 11. Espécies encontradas na mata ciliar do Rio São Francisco, caatinga alagoana. Municípios de Piranhas, Pão de Açúcar e Traipu. Fotos: Milena Dutra da Silva, em dezembro de 2020.

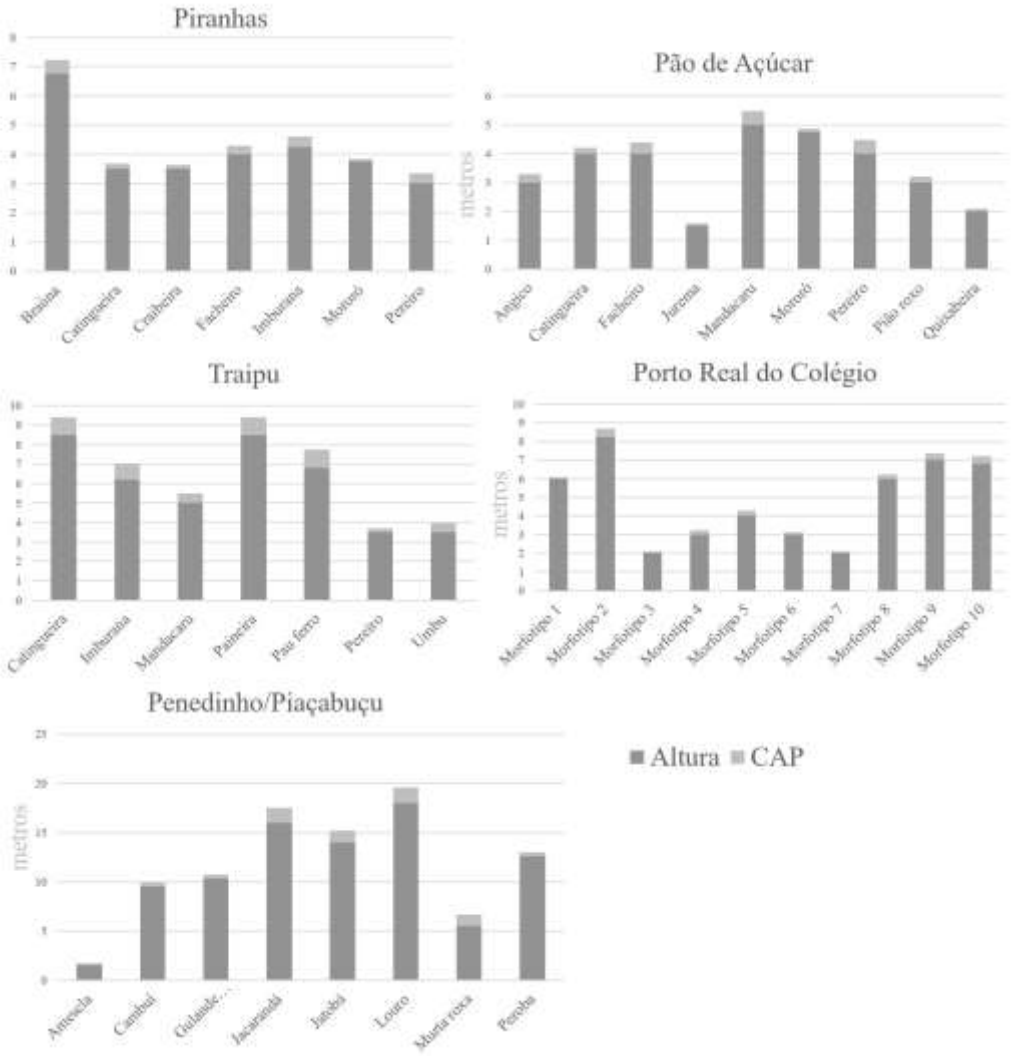
As espécies encontradas em Porto Real do Colégio estão em processo de identificação botânica. A área apresentou 10 morfotipos de espécies arbóreas, com presença de espécies caducifólias e/ou copa com baixa densidade. A área tem

cercamento, porém com evidência de extração de madeira; no entorno há uso rural para o plantio de macaxeira.

Em Piaçabuçu, há uma mudança na composição florística quando comparada às áreas anteriormente descritas. Trata-se de floresta subcaducifólia, de formação de restinga, sobre cordões arenosos, em propriedade privada e com cercamento. Entre as espécies comumente encontradas estão pioneiras e secundárias (Quadro 1).

Quanto à altura e ao CAP, as espécies na faixa de proteção do RSF variaram entre 1,5 m e 16 m e CAP, entre 0,10 m e 1,60 m (Figura 10). Os maiores valores corresponderam a vegetais estabelecidos em áreas mais úmidas, Piaçabuçu.

Figura 10. Altura e CAP de espécies arbóreas estabelecidas na área ciliar do Baixo Rio São Francisco, em Alagoas.



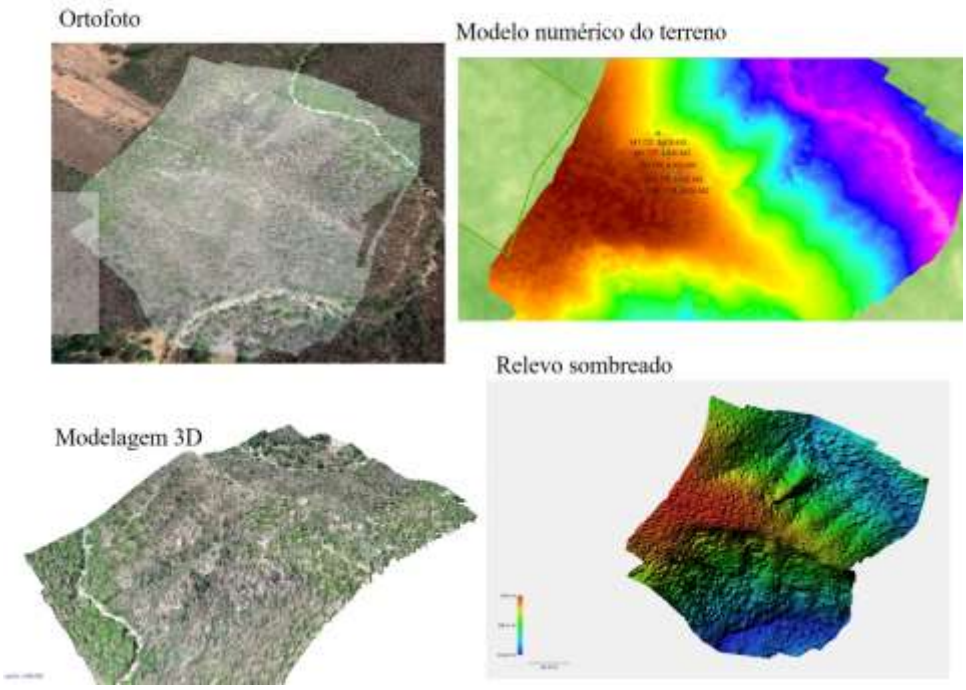
***Mapeamento e Condição Biológica da Vegetação (status de saúde da vegetação) por Drone***

Para uma diagnose de maior precisão, referente ao status de saúde da vegetação ciliar, estão em andamento a produção e análise de dados obtidos com imageamento por drone. Além de índices de vegetação, os dados gerados permitirão análises pontuais, por indivíduo ou comunidade, como análise de volume de biomassa e modelagens ambientais, entre outros.

Entre os dados e produtos gerados estão a ortofoto, o modelo numérico do terreno (hipsometria), o relevo sombreado e a modelagem em 3D (Figura 12). Destaca-se que a utilização de dados de imagens de drone possibilita o acesso a dados e informações que por vezes estão inacessíveis em imagens de satélite, por ocasião da cobertura de nuvens. Acrescenta-se ainda a possibilidade de análise simultânea da vegetação (espacialização, altura, saúde e estresse etc.) em observação às características do relevo.

Em Piranhas, de modo preliminar, observou-se que a vegetação arbórea se concentrava em topos de morros e nas encostas. Esta configuração do relevo aparentemente propicia uma proteção natural por dificultar o acesso a esses remanescentes florestais.

Figura 12. Produtos gerados a partir de imagens de drone para mapeamento diagnóstico de alta precisão, referente a área ciliar do Baixo São Francisco, em Piranhas, Alagoas. Suporte técnico: João Thiago/CODEVASF.




***Fauna Associada***

Apresentamos lista das espécies de mamíferos e aves registradas durante a expedição e sua relação com os registros disponíveis na bibliografia, com destaque para a presença de espécies raras e espécies ameaçadas de extinção (Quadro 2).

Levantamentos anteriores realizados na margem Sergipana da bacia listaram a ocorrência de 21 espécies de mamíferos não voadores na região sendo oito delas representantes do grupo dos pequenos mamíferos: *Gracillinanus agilis, Monodelphis domestica, Callitrix jacchus, Calomys mattevi, Wiedomis pirrihomis, Galea spixiis, Kerodon rupestres, Thrichomys laurentius;* e 13 espécies consideradas mamíferos de médio e grande portes: *Didelphis marsupialis, Euphractus sexcintus, Dasypus sp, Tamandua tetradactyla, Leopardus pardalis, Leopardus tigrinus, Puma yagouaroundi, Cerdocyon thous, Lontra longicaudis, Conepatus* d*/semistriatus, Procyon cancrivorus, Mazama goazoubira, Hydrochoeris hydrochaeris* (Dias et al. 2017; Dias et al., 2019) . Durante a III Expedição puderam ser confirmadas onze espécies de mamíferos: *Galea spixiis, Kerodon rupestres, Thrichomys laurentius, Didelphis marsupialis, Dasypus sp, Tamandua tetradactyla, Leopardus tigrinus, Cerdocyon thous, Lontra longicaudis, Mazama goazoubira, Hydrochoeris hydrochaeris.* Além dessas espécies já listadas

para a região, registramos relatos da presença do macaco do mangue no municipio de Brejo Grande, que pela descrição e área de registro pode coincidir com *Sapajos Xhantosthernos*, macaco prego de peito amarelo – uma espécie endêmica e ameaçada, de acordo com a classificação do ICMBio - Em Perigo (EN) - A2cd+C2a(i).

Quadro 2. Espécies de aves registradas durante a III Expedição Científica do Rio São Francisco

| **Ordem** | **Família** | **Espécie** | **Nome popular** |
|---|---|---|---|
| Ciconiiformes | Ciconiidae | *Mycteria americana* | cabeça-seca |
| Pelecaniformes | Ardeidae | *Butorides striata* | socozinho |
| Pelecaniformes | Ardeidae | *Ardea alba* | garça-branca-grande |
| Pelecaniformes | Ardeidae | *Ardea cocoi* | garça-moura |
| Pelecaniformes | Ardeidae | *Egretta thula* | garça-branca-pequena |
| Pelecaniformes | Ardeidae | *Bubulcus ibis* | garça-vaqueira |
| Pelecaniformes | Threskiornithidae | *Platalea ajaja* | colhereiro |
| Charadriiformes | Jacanidae | *Jacana jacana* | jaçanã |
| Charadriiformes | Recurvirostridae | *Himantopus mexicans* | pernilongo-costas-negras |
| Charadriiformes | Charadriidae | *Vanellus chilensis* | quero-quero |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Falconiformes | Falconidae | *Falco sparverius* | quiriquiri, gavião-rapina |
| Falconiformes | Falconidae | *Caracara plancus* | carcará |
| Accipitriformes | Accipitridae | *Rostrhamus sociabilis* | gavião-caramujeiro |
| Accipitriformes | Accipitridae | *Rupornis magnirostris* | gavião-carijó |
| Strigiformes | Strigidae | *Athene cunicularia* | coruja-buraqueira |
| Anseriformes | Anatidae | *Cairina moschata* | pato-do-mato |
| Anseriformes | Anatidae | *Sarkidiornis sylvicola* | pato-de-crista |
| Anseriformes | Anatidae | *Dendrocygna viduata* | Irerê |

Inserir aves registradas no percurso - Gavião Pelegrino, Martin Pescador.

**Considerações Preliminares**

***Vegetação Ciliar do Rio São Francisco***

A de escassez de vegetação nativa na faixa de proteção do rio, reforçada pela fragmentação da vegetação remanescente desponta como um cenário alarmante com vistas à manutenção da biodiversidade, qualidade da água e vitalidade do Rio São Francisco, bem como da qualidade de vida da população ribeirinha.

Nesse sentido, recomendamos ações para recuperação ambiental de áreas ciliares do BSF e seus tributários, desenvolvimento de atividades que fortaleçam a presença de polinizadores, como meliponicultora e atividades turísticas para contemplação de aves, além de atividades de Educação Ambiental contínuas.

**Problemas encontrados**

***Vegetação Ciliar***

As principais atividades desenvolvidas na BHBRSF, ao longo do tempo, causam impactos significativos na paisagem que reduzem a capacidade de suporte do ambiente. Os problemas ou impactos ambientais identificados na área ciliar (Faixa de 500 m e de vizinhança imadiata de 1500 m) podem ser categorizados em três classes: (1) impactos causados pela urbanização; (2) impactos ligados à produção animal (pecuária); e, (3) impactos relacionados à produção vegetal (agricultura e extração vegetal).

Impactos da Urbanização: Desmatamento; Impermeabilização do solo; Lançamento de Esgotos domésticos (Ausência de saneamento básico) no rio.

Impactos da Pecuária: Desmatamento; Compactação e impermeabilização do solo; Pastejo Extensivo; Erosão; Redução da biodiversidade.

Impactos da Agricultura: Desmatamento; Impermeabilização do solo; Monocultura; Erosão; Fragmentação dos remanescentes florestais; Redução da biodiversidade.

Vale salientar que espécies clímax, em risco de extinção, como a imburana de cheiro (*Amburana cearenses*) e braúna (*Schinopsis brasilienses* Engl.), foram encontradas apenas em dois transectos, um no município de Piranhas e o outro em Traipu. Neste último, registrou-se apenas a *A. cearenses*. Vestígios de queimadas, extração de madeira e/ou pastoreio também foram identificados em todos os fragmentos visitados em campo.

***Fauna***

Um fato digno de nota envolvendo pássaros foi observado na cidade de Piaçabuçu. Flagramos um grupo de homens atraindo pássaros com chamas em gaiolas e realizando a captura dos passarinhos livres com uso de rede de espera, tipo rede de neblina utilizada em levantamentos científicos. Em pleno dia, a metros da estrada. A prática não era de conhecimento da nossa equipe e destaca-se por capturar qualquer espécie que passe pelo local, mesmo que não seja atraída pela chama em gaiola. Outro conflito velado que observamos entre população e fauna foi o

representado pelos pescadores e as lontras da região. De acordo com relatos, as lontras abrem os covos de pesca para comerem os camarões capturados, com grande habilidade, trazendo prejuízos aos pescadores. Além disso, em vários locais visitados confirmamos que os trabalhadores rurais caçam com armadilhas mocós, preás e teiús, rotineiramente.

## Atividades em Andamento

| **Atividade** | **Responsável** | **Produto a ser gerado** | **Aplicações e potencialidades** |
|---|---|---|---|
| Produção e análise de dados de métricas da Paisagem | Milena Dutra; Nadjacleia Vilar Almeida | Mapa; relatório | Produção de mapas com indicação de nível fragilidade dos fragmentos ciliares remanescentes. Poderá ser utilizado para indicação de áreas prioritárias para intervenção. |
| Determinação e análises Índices de Vegetação com imagens de drone | João Thiago; Nadjacleia Vilar Almeida; e Milena Dutra | Mapa; relatório | Conhecimento da saúde da vegetação. Poderá ser utilizado para intervenção adequada aumentando a taxa de sucesso na recuperação ambiental. |
| Análise das alterações na calha hídrica e desmatamento (assoreamento) | Anderson dos Santos; Milena Dutra da Silva; José Vieira e Nadjacleia Vilar Almeida. | Mapa; relatório | Produção de mapas com indicação da dinâmica da cobertura vegetal e condição hídrica da bacia hidrográfica do baixo São Francisco. Poderá ser utilizado para indicação de áreas mais susceptíveis a degradação das terras e assoreamento. |
| Análise dos fatores edafoclimáticos | Anderson dos Santos; Milena Dutra da Silva; José Vieira e Nadjacleia Vilar Almeida. | Mapa; relatório | Produção de mapas com indicação da variação espaço-temporal dos fatores edafoclimáticos. Poderá indicar como a vegetação se comporta em diferentes condições ambientais, além de serem utilizados como medida de adaptação às mudanças climáticas. |
| Mapeamento do uso e ocupação | Fábio Torresan | Mapas, relatórios, base de dados digitais | A análise da dinâmica do uso e ocupação das terras é uma importante ferramenta para a tomada de decisão em políticas |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | públicas para o desenvolvimento territorial sustentável, podendo indicar tendências futuras e avaliar o impacto de ações passadas, proporcionando indicadores para mitigação, compensação e restauração de áreas impactadas. |
| Análise de solo | Ubiratan Piozevan/ EMBRAPA | Relatório | Análise de dados de solo poderão auxiliar na compreensão da composição florística. O conhecimento das características do solo poderá auxiliar, também, na elaboração e/ou adequação de planos de recuperação de áreas degradadas. |

## 14 - ANÁLISE DA OCORRÊNCIA DE COLIFORMES, *ESCHERICHIA COLI* E PADRÃO DE QUALIDADE DE ÁGUA NAS CIDADES DO BAIXO SÃO FRANCISCO

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), aproximadamente 80% das doenças detectadas em países subdesenvolvidos são disseminadas através da água contaminada e a cada ano cinco milhões de pessoas, dentre esses dois milhões são crianças entre 0 a 5 anos, morrem direta ou indiretamente pela falta ou deficiência de saneamento básico (ANDRAUS, 2006).

Dentre as legislações vigentes do ministério da saúde, que regulamenta a qualidade da água e abastecimento, destacam-se as Portarias de nº 1.469,de 29 de dezembro de 2000, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, essa estabelece a quantidade de amostras de acordo com o número de habitantes, no artigo 11 o padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano é a ausência de coliformes e *E. coli* em 100 mL de água. Além da portaria, de nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011, que dispõe sobre qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade com ausência de coliformes e *E.coli* em 100 mL de amostragem, também bastante utilizada para qualidade da água a resolução CONAMA Nº 357 de 2005. Estas portarias e resolução foram utilizados como referência para a análise das amostras deste trabalho.

O estudo teve como objetivo analisar os níveis de coliformes totais e *Escherichia coli*, bem como averiguar o padrão da qualidade de água nos principais pontos nos municípios do Baixo São Francisco.

Nas análises realizadas, foi possível observar presença de coliformes totais, na maioria dos pontos de coleta, em valores acima do limite indicado pela resolução n° 357, de 17 de maio de 2005 do CONAMA.

Conforme os ensaios, foi possível verificar a presença de altas taxa de *E.coli* nas regiões de Piranhas, Traipu, Penedo, Igreja Nova, Penedo, Piaçabuçu, acima de 8,0 NMP/100mL, como se pode observar na tabela 2.

Nessas regiões, foi possível observar problemas com saneamento básico e efluentes, verificou-se despejo de esgoto sem tratamento em vários pontos das margens do Rio São Francisco. Esse estudo foi semelhante ao de Rodrigues *et al.* (2009), que expõe condições higiênico-sanitárias insatisfatórias em ambientes aquáticos com derramamento de esgoto doméstico ou presença de animais próximo às margens dos rios.

Tabela 2 - Resultados das análises microbiológicas de coliformes totais *E.coli* da água em 10 pontos distintos do Baixo São Francisco.

| **TABELA NMP (Número Mais Provável)** | | | |
|---|---|---|---|
| **PONTOS** | **TUBOS POSITIVOS /100mL** | | **NMP/100mL** |
| | Coliforme total | *E. coli* | (nº mais provável) |
| Piranhas/AL (PI 1) | 3 | 3 | 4,6 |
| Piranhas/AL (PI 2) | 4 | 4 | 8 |
| Piranhas/AL (PI 3) | 5 | 5 | > 8,0 |
| Traipú/AL (TR 1) | 5 | 5 | > 8,0 |
| Traipú/AL (TR 2) | 4 | 4 | 8 |
| Pão de Açúcar/AL (PA 1) | 3 | 3 | 4,6 |
| Pão de Açúcar/AL (PA 2) | 3 | 3 | 4,6 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Igreja Nova/AL (IN 1) | 5 | 5 | > 8,0 |
| Igreja Nova/AL (IN 2) | 4 | 4 | 8 |
| Porto Real/AL (PR 1) | 2 | 2 | 2,6 |
| Porto Real/AL (PR 2) | 2 | 1 | 2,6 |
| Propriá-/SE (PO1) | 4 | 4 | 8 |
| Penedo/AL (PE 1) | 5 | 5 | > 8,0 |
| Penedo/AL (PE 2) | 5 | 5 | > 8,0 |
| Piaçabuçu/AL (PU 1) | 5 | 5 | > 8,0 |
| Piaçabuçu/AL (PU 2) | 4 | 4 | 8 |
| Brejo Grande/SE (BG 1) | 4 | 3 | 8 |
| Brejo Grande/SE (BG 2) | 4 | 4 | 8 |
| FOZ 1/AL | 0 | 0 | < 1,1 |
| FOZ 2/AL | 3 | 3 | 4,6 |

Os resultados foram semelhantes aos apresentados nas Expedições Científicas do Baixo São Francisco realizadas nos anos de 2018 e 2019, que evidenciaram presença de coliformes totais e *E. coli* nas amostras avaliadas, com fator agravante de que em 2020 a vazão foi no mínimo 4 vezes maior quando relacionado aos outros anos.

Tais resultados refletem a necessidade da aplicação de políticas públicas como saneamento básico, na tentativa de minimizar os impactos causados pelas ações antrópicas ao já tão impactado Rio São Francisco. Também, faz-se necessário a conscientização da população ribeirinhas destes municípios quanto ao uso correto da água.

Quanto a qualidade de água nos pontos de coletas, foram observados os seguintes dados abaixo:

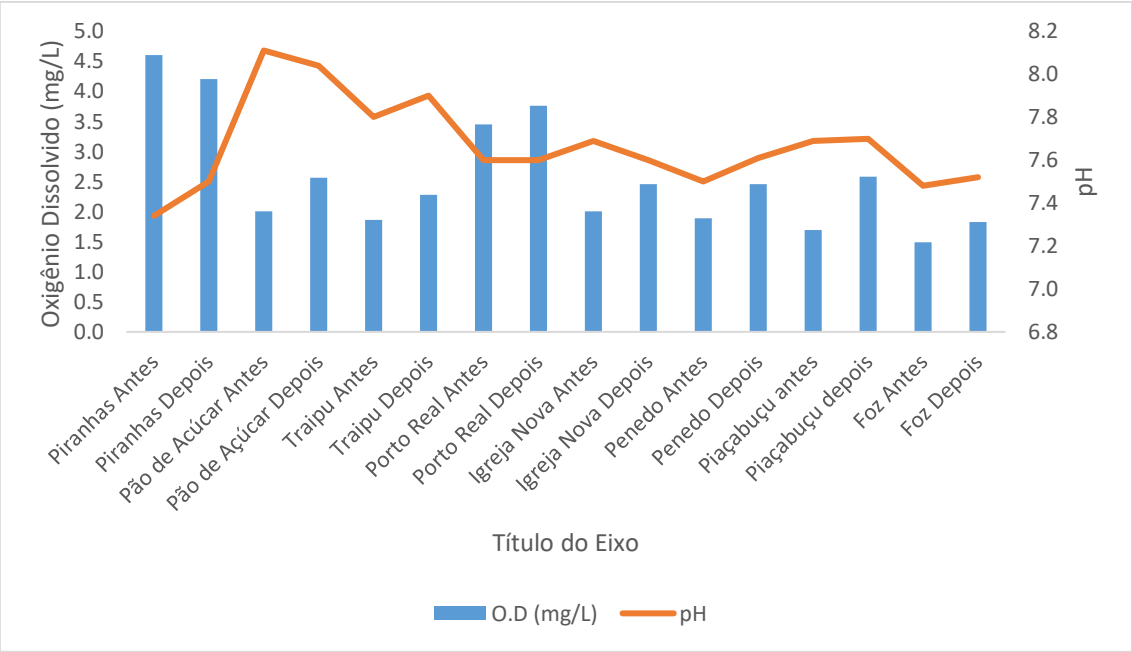



Figura 1. Análise do oxigênio dissolvido e pH nos pontos de coleta de coliformes dos municípios.

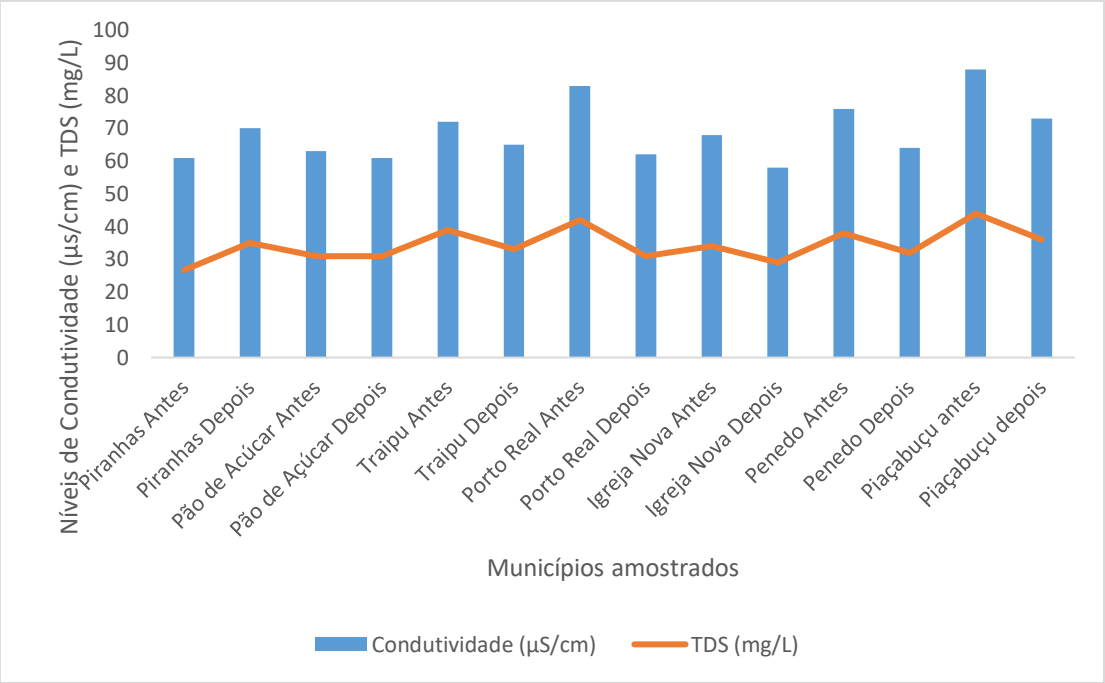



Figura 2. Análise da condutividade elétrica e Total de Sólidos Dissolvidos nos pontos de coleta de coliformes dos municípios.

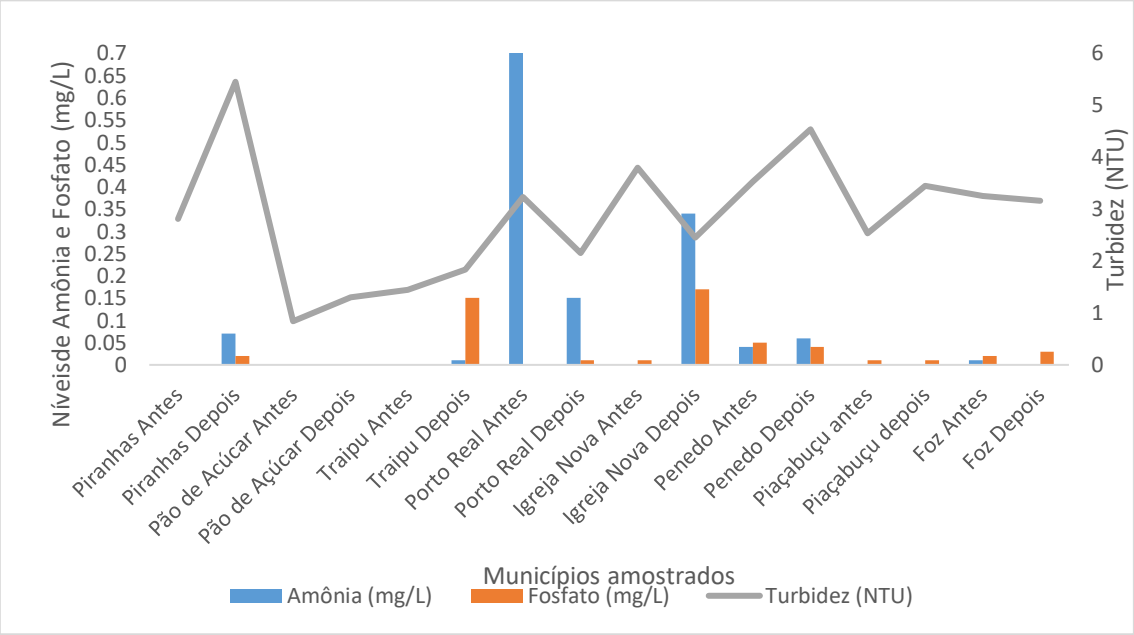



Figura 3. Análise de amônia, fosfato e turbidez nos pontos de coleta de coliformes dos municípios estudados.

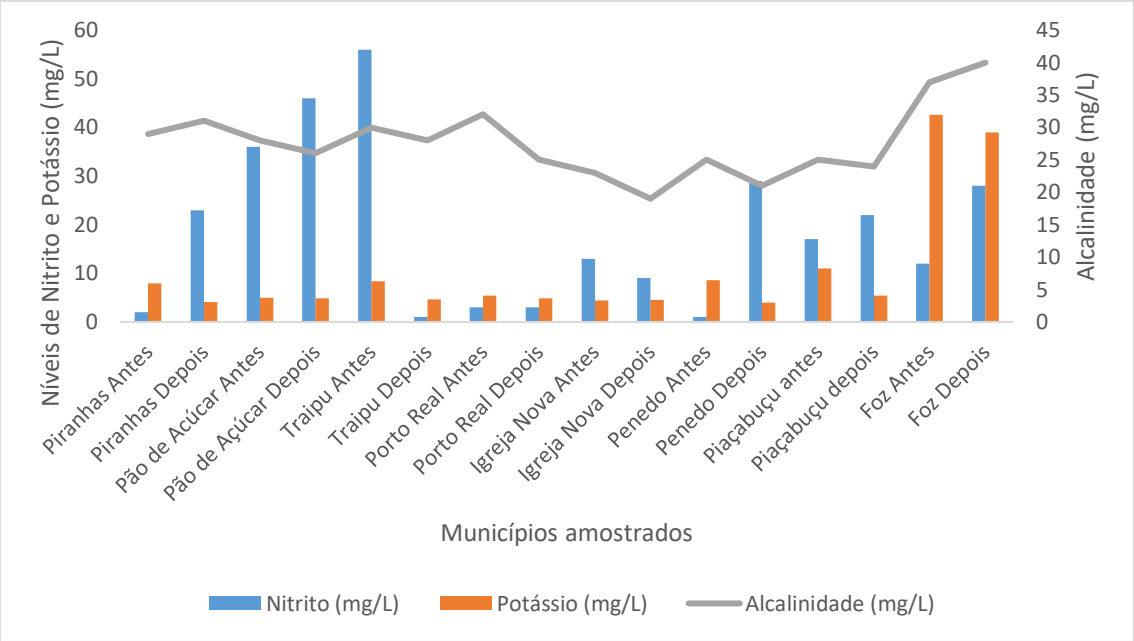



Figura 4. Análise de nitrito, potássio e alcalinidade nos pontos de coleta de coliformes dos municípios estudados.

**Considerações**

*Potássio*

Ocorreu uma maior variação, conforme seguimos o curso do rio, nas cidades de Traipu, Penedo e Piaçabuçu, com valores acima de 8,4 mg/L. Comparando-se as áreas de captação de água para abastecimento das cidades, os valores de potássio encontrados não se mantiveram abaixo de 4,2 mg/L. É possível observar três picos nos valores de potássio, um no munícipio de Traipu com 8,4mg/L 1km antes do ponto de captação de água, o segundo em Penedo com 8,6mg/L 1Km antes do ponto de captação da cidade e o terceiro em Piaçabuçu com 11mg/L esse também 1km antes do ponto de captação da cidade.

*Sulfato*

O Sulfato para atua como indicativo de poluição por esgotos e efluentes e estes valores ficaram abaixo do indicado pela legislação que é de 250 mg/L, possivelmente devido o efeito das altas vazões praticadas durante o período da expedição. Um importante ponto é reforçar que a vazão estava aumentada durante o período de coletas, esta ocasião serviu para reduzir e diluir esta concentração nas áreas de captação de água.

*Amônia*

Devido ao processo de degradação da matéria orgânica por meio biológico, ocorre em baixas concentrações no ambiente de água natural. Podendo encontrar concentrações maiores

em efluentes industriais e esgotos. (PARRON, L.; MUNIZ, D.; PEREIRA, C, 2011). Os valores de amônia mantiveram-se baixos, com dois principais picos, Propriá e Igreja nova, onde os valores foram respectivamente 0,71mg/L e 0,34mg/L.

*Nitrito*

O estado de oxidação intermediário do nitrogênio, pode ocorrer tanto pela redução de nitrato como pela oxidação de amônio. (PARRON, L.; MUNIZ, D.; PEREIRA, C, 2011). Os valores de nitrito variaram bastante ao longo do percurso do rio, apresentando os dois maiores picos em Pão de Açúcar e Traipu, onde os valores encontrados de 46,0 mg/L e 56,0 mg/L, são 50 vezes maior do recomendado pela legislação ambiental vigente (Brasil, 2004).

*Fosfato*

O fosforo é essencial para o crescimento dos organismos, o teor existente em um corpo de água pode ser considerado um fator limitante. (PIVELI; KATO, 2005). Tanto processos antropogênicos como naturais podem estar relacionados com a presença de fósforo. Alguns naturais seriam dissolução de rocha, carreamento e como antropológico temos exemplos de lançamento de esgotos e detergentes. (PARRON, L.; MUNIZ, D.; PEREIRA, C, 2011). Com exceção de Própria, Igreja Nova e Porto Real, que apresentaram respectivamente valores de 0,15 mg/L, 0,17 mg/L e 0,20 mg/L, todos os outros pontos de coleta apresentaram valores abaixo de 0,05 mg/L.

*Alcalinidade*

Somando as bases registráveis chegamos a alcalinidade. É a quantidade de substancias na água que podem agir como tampão, sendo assim a medida de capacidade para neutralizar substancias de menor Ph. (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1988). Os valores mantiveram dentro de uma janela pouco variável, onde o menor valor encontrado foi de 19mg/L 1Km após a capitação de água de Igreja Nova e o maior foi de 40mg/L após 1km da Foz.

*Turbidez*

Materiais em suspensão na água como argila, matéria orgânica e inorgânica, silte, compostos orgânicos, plânctons e outros organismos. Ela representa a propriedade óptica que faz com que a luz não seja transmitida em linha reta, mas sim que seja espalhada e absorvida através da amostra. (PARRON, L.; MUNIZ, D.; PEREIRA, C, 2011). Os valores obtidos variaram à medida que passamos pelos pontos de coleta, como as amostras foram coletadas mais próximas a margem, sofreram grande influência do solo e sólidos suspensos nas margens do rio. O maior valor encontrado com 5,45 NTU foi em Piranhas 1Km após o ponto de capitação

de água com 5,45 e o menor foi encontrado 1Km antes do ponto de captação de água de pão de açúcar com 0,84 NTU.

## 15 - AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE *Oreochromis niloticus, Xiphopenaeus kroyeri* e *Macrobrachium sp* COMERCIALIZADOS EM FEIRAS LIVRES DE SETE MUNICÍPIOS DE ALAGOAS.

Apesar das feiras livres serem um dos principais espaços de comercialização varejista (JESUS, SANTOS e CARVALHO, 2018), nestes centros, os produtos estão expostos a várias situações que propiciam a sua contaminação, das quais podem ser citadas: a contaminação por meio de manipulação inadequada, exposição dos produtos em bancas e barracas sem refrigeração e sem proteção contra insetos, bem como o seu acondicionamento e armazenamento em condições inapropriadas (SILVA JÚNIOR et al., 2017), tornando-se um ambiente propício para a contaminação por microrganismos como bactérias e fungos, decorrendo em prejuízos à saúde do consumidor.

Entre as espécies bacterianas que fazem parte da microbiota natural do pescado e que são patogênicas ao homem destacam-se *Salmonella* sp., *E. coli* patogênica, *Sthapylococcus* coagulase (+), *Vibrio* sp e *Clostridium botulinum* (FRANCO e LANDGRAF, 1996).
Na Tabela 01 encontram-se as variações das contagens de bactérias aeróbias mesófilas em UFC/g nas sete amostras de peixe e seis amostras de camarão.

Tabela 01 – Quantificação de bactérias aeróbicas mesófilas em amostras de pescado de feiras livres, em Alagoas.

| Local de coleta | Mesófilas Peixe *(UFC/g) | Mesófilas Camarão *(UFC/g) |
|---|---|---|
| **Piaçabuçu** | 5,3 x $10^3$ | 7,0 x $10^3$ |
| **Pão de Açúcar** | 67 x $10^3$ | 25 x $10^3$ |
| **Penedo** * | INC | 76 x $10^3$ |
| **Piranhas** | 57 x $10^3$ | 41 x $10^3$ |
| **Igreja Nova** | 17 x $10^3$ | 55 x $10^3$ |
| **P. R. Colégio** | 4,0 x $10^3$ | 81 x $10^3$ |
| **Traipu** | INC | - |

* Nº UFC = número de unidades formadoras de colônia

As amostras de peixes apresentaram uma variação de 5,3 x $10^3$ a 67 x $10^3$ UFC/g, e as amostras de camarão apresentaram uma variação de 7,0 x $10^3$ a 81 x $10^3$, valores estes que não puderam ser comparados com a legislação vigente (BRASIL, 2001), devido a mesma não determinar os limites tolerância para a contagem padrão em placas de bactérias mesófilas. Porém ressalta-se a importância da pesquisa quantitativa desses microrganismos, pois indicam as condições higiênico-sanitárias do pescado.

Segundo Jay (2005) e Forsythe (2002), contagens acima de $10^6$ UFC/g amostra, podem ser responsáveis pelo desencadeamento de doenças de origem alimentar. De acordo com os resultados obtidos, todas as amostras (100%) apresentaram níveis inferiores a $10^6$ UFC/g. Uma população elevada desses microrganismos pode apontar contaminação demasiada da matéria-prima ou durante a preparação, ou condições inadequadas de limpeza e sanitização, ou erros no processo de conservação e transporte (SOUZA et al., 2015).

**-Processamento para Isolamento de Fungos Filamentosos**

Foram obtidas 13 amostras de pescado (peixe e camarão), das 7 cidades visitadas pela III Expedição Científica do São Francisco. Em todas as amostras houve crescimento fúngico, exceto nos plaqueamentos realizados com amostras das cidades de Porto Real do Colégio e Traipu. Nestas placas, aconteceu acelerado crescimento bacteriano que, possivelmente, impediu o crescimento de fungos. Na Tabela1, estão quantificadas as Unidades Formadoras de Colônia (UFCs), por cidade/diluição.

Tabela 2 - Quantificação de Unidades Formadoras de Colônia (UFCs) em amostras de pescado de feiras livres, em Alagoas.

| Local de coleta | | *Nº UFCs x$10^{-1}$ | Nº UFCs x$10^{-2}$ | Nº UFCs x$10^{-3}$ | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| **Piaçabuçu** | ***P=** | | 2 | | 2 |
| | ***C=** | 2 | | | 2 |
| **Pão de Açúcar** | ***P=** | 1 | 2 | | 3 |
| | ***C=** | 12 | | 1 | 13 |
| **Penedo** | ***P=** | 7 | 6 | 1 | 14 |
| | ***C=** | 1 | 5 | 1 | 7 |
| **Piranhas** | ***P=** | 2 | | | 2 |
| | ***C=** | 1 | 2 | | 3 |
| **Igreja Nova** | ***P=** | 1 | 1 | | 2 |
| | ***C=** | 7 | 2 | | 9 |

*P= peixe; C= camarão. * Nº UFCs = número de unidades formadoras de colônia.

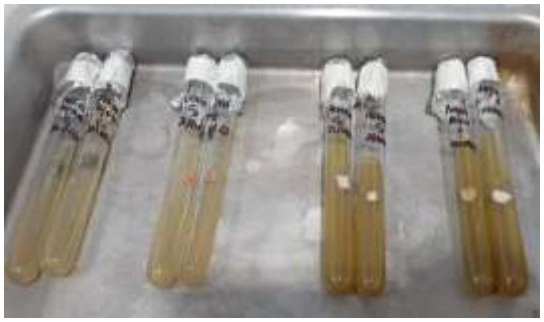
No total, foram isolados 8 culturas fúngicas e 4 estão na etapa de purificação. Dentre os isolados já purificados, alguns pertencem ao gênero *Aspergillus* sp, *Penicillium* sp e *Rhizopus*

sp. Todos os isolados serão levados à Micoteca (URM/UFPE) para identificação da espécie. Nas Figuras 7, 8 e 9, estão algumas colônias e estruturas reprodutivas visualizadas em isolados.

Figura 7- Isolados de fungos filamentosos purificados.

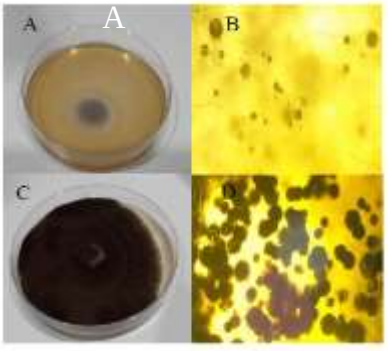
Fonte: Portela (2020)

Figura 8 - Isolados de fungos filamentosos em etapa de purificação.



Fonte: Portela (2020)

Figura 9 - Culturas e estruturas reprodutivas de fungos filamentos. (A e B= Isolado de Igreja Nova/AL); (C e D= Isolado de Piaçabuçu/AL).



Fonte: Portela (2020)

Em estudos realizados com amostras de camarão *Macrobrachium amazonicum*, em Santarém/PA, os gêneros de fungos filamentosos mais frequentes foram *Aspergillus* Micheli (29%) e *Penicillium* Link (22%); e as amostras oriundas de feiras apresentaram maior percentual de contaminação (58%) em relação às provenientes dos supermercados(42%) (OLIVEIRA et., 2019).

Dentre os fungos, espécies toxigênicas pertencentes aos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium* são as principais responsáveis pela síntese de toxinas. Dentre as principais micotoxinas, destacam-se aflatoxina, Ocratoxina e fumonisina (SUN et al., 2015; SCHMIDT-HEYDT et al., 2012; MUNAWAR et al., 2019, apresentando efeito hepatotóxico, carcinogênico, nefrotóxico e teratogênico, em animais e humanos.

**PROBLEMAS ENCONTRADOS**

As dificuldades encontradas na execução do projeto remetem à falta de estrutura apropriada, na UFAL/ UE Penedo, para pesquisa envolvendo Microbiologia, sendo necessária a parceria com outras Instituições (IFAL, UFPE), para realizar os experimentos. Por conta do deslocamento e adequação de horários disponíveis dos parceiros, muitas vezes, as análises levam mais tempo que o esperado. Apesar dos transtornos, os experimentos continuam em andamento para finalização das análises e conclusão do trabalho.

## 16 - DINÂMICA DO MICROFITOPLÂNCTON DO BAIXO SÃO FRANCISCO

O aumento da eutrofização, principalmente, nos grandes centros urbanos tem permitido um rápido crescimento de algumas espécies de fitoplâncton que estão se tornando cada vez mais comum e dominante nestes ambientes, tanto qualitativamente quanto quantitativamente, advindos de múltiplos usos, como abastecimento público, lazer, aquicultura e pesca, além de se modificar rapidamente tanto no tempo como no espaço, implicando em potenciais danos à saúde da população e levando à exclusão de determinadas espécies e ao elevado crescimento de outras (WATSON et al., 1997; PANOSSO et al., 2007; COSTA et al., 2009).

Assim, o presente trabalho teve como objetivo analisar a estrutura da comunidade fitoplanctônica e dos índice ecológicos, proporcionando informações preliminares sobre os ecossistemas aquáticos em estudo.

Foram analisadas até o presente momento, amostras dos municípios de Piranhas e Pão de Açúcar, onde a comunidade fitoplanctônica apresentou 59 espécies estando distribuídos nas divisões Cyanobacteria (12 spp), Bacillariophyta (18 spp), Dinophyta (3 spp) e Chlorophyta (26 spp) (Tab. 1).

**Tabela 1**. Riqueza e Abundância de espécies do microfitoplâncton do Baixo São Francisco (Alagoas e Sergipe). (PI 2) Piranhas-AL, região mediana entre os estados de Alagoas e Sergipe, (PA 1) Pão de Açúcar-AL, região as margens do estado de Alagoas e Sergipe, (PA 2) Pão de Açúcar-AL, região mediana entre os estados de Alagoas e Sergipe, (-) dados não existentes.

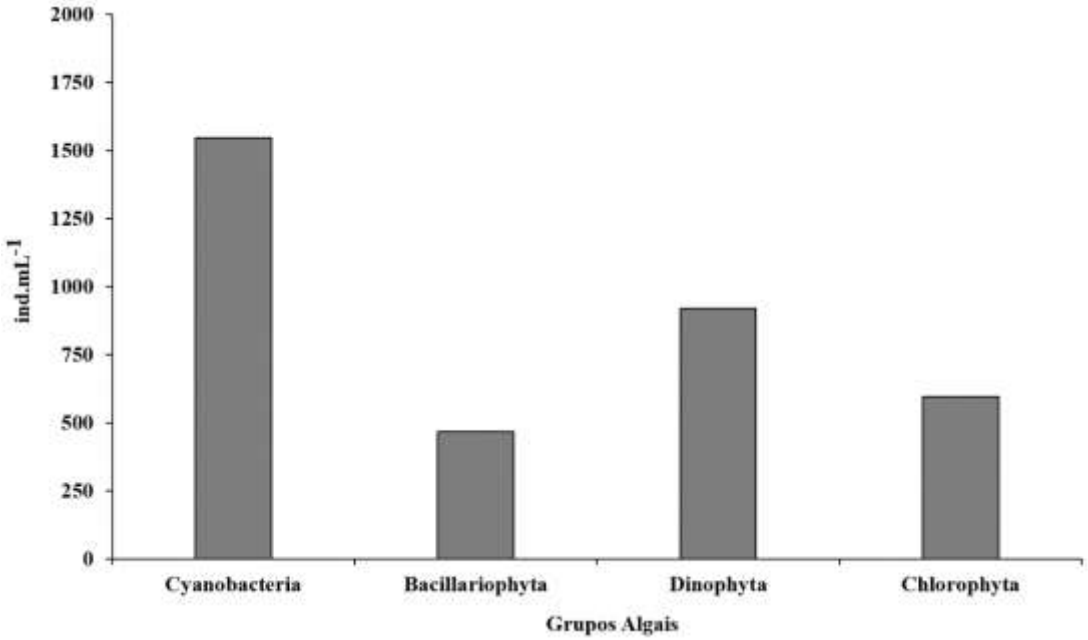
| TÁXONS | PI 2 (MED) | PA 1 (AL) | PA 2 (MED) |
|---|---|---|---|
| **CYANOBACTERIA** | **AR** | **AR** | **AR** |
| *Anabaena spiroides* Klebahn | 5,6 | 8,1 | 2,4 |
| *Aphanocapsa delicatissima* West & West | - | - | 6,1 |
| *Aphanocapsa planctonica* (Smith) Komárek & Anagnostidis | - | 3,2 | - |
| *Arthrospira platensis* Gomont | **31,1** | **10,5** | **10,1** |
| *Chroococcus turgidus* (Kützing) Nägeli | - | 6,3 | 10,1 |
| *Coelosphaerium punctiferum* Komárek & Komarková-Legnerová | - | 0,3 | 0,4 |
| *Gloeocapsa gigas* West & West | - | - | 1,3 |
| *Limnothrix redekei* (Goor) Meffert | - | 2,5 | 2,6 |
| *Merismopedia tenuissima* Lemmermann | - | 0,1 | - |
| *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing | **31,1** | **10,5** | **10,1** |
| *Oscillatoria limosa* Agardh ex Gomont | - | 0,4 | - |
| *Oscillatoria princeps* Vaucher ex Gomont | 1,2 | 0,4 | 0,1 |
| **BACILLARIOPHYTA** | | | |
| *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen | 5,6 | 10,5 | 10,1 |
| *Campylodiscus noricus* Ehrenberg ex Kützing | - | 0,1 | - |
| *Cymbella tumida* (Brébisson) Van Heurck | - | 0,2 | - |
| *Eunotia monodon* Ehrenberg | - | 0,4 | 0,1 |
| *Fragilaria virescens* Ralfs | 0,6 | - | 0,2 |
| *Fragilaria crotonensis* Kitton | - | 2,4 | 2,8 |
| *Frustulia rhomboides* (Ehrenberg) De Toni | - | 0,6 | - |
| *Gomphonema olivaceum* (Hornemann) Ehrenberg | - | 0,1 | - |
| *Gyrosigma acuminatum* (Kützing) Rabenhorst | - | 0,1 | - |
| *Hydrosera triquetra* Wallich | 0,3 | - | - |
| *Hydrosera whampoensis* (Schwarz) Deby | - | 1,5 | 2,4 |
| *Meridion circulare* (Greville) Agardh | - | 0,2 | 0,2 |
| *Nitzschia hungarica* Grunow | 0,3 | - | - |
| *Surirella robusta* Ehrenberg | - | 0,8 | 0,2 |
| *Surirella guatimalensis* Ehrenberg | - | 0,4 | 0,1 |
| *Terpsinoë musica* Ehrenberg | 0,3 | 2,7 | 2,4 |
| *Tryblionella hungarica* (Grunow) Frenguelli | - | 0,4 | - |
| *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Ehrenberg | - | 0,1 | 0,1 |
| **DINOPHYTA** | | | |
| *Ceratium furca* (Ehrenberg) Claparède & Lachmann | **12,0** | 3,5 | 0,9 |
| *Ceratium fusus* (Ehrenberg) Dujardin | 1,1 | 0,8 | 0,4 |
| *Ceratium lineatum* (Ehrenberg) Cleve | - | 10,5 | 10,1 |
| **CHLOROPHYTA** | | | |
| *Actinastrum hantzschii* Lagerheim | - | 0,8 | 0,4 |
| *Closterium turgidum* Ehrenberg ex Ralfs | - | - | 0,2 |
| *Desmidium baileyi* (Ralfs) Nordstedt | - | - | 0,2 |
| *Dimorphococcus lunatus* Braun | - | - | 0,2 |
| *Eudorina elegans* Ehrenberg | - | 1,2 | 0,9 |
| *Kirchneriella lunaris* (Kirchner) Möbius | 0,3 | 0,3 | 0,1 |
| *Kirchneriella obesa* (West) West & West | - | 0,5 | 0,5 |
| *Micrasterias laticeps* Nordstedt | - | 0,1 | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Microspora* sp. | - | - | 0,4 |
| *Pediastrum argentinense* Bourrelly & Tell in Tell | - | - | 0,1 |
| *Pediastrum duplex* Meyen | 3,1 | 0,4 | - |
| *Pediastrum simplex* Meyen | 2,8 | 10,5 | 10,1 |
| *Scenedesmus bijugus* (Turpin) Lagerheim | - | 0,3 | - |
| *Spondylosium* sp. | - | - | 0,1 |
| *Spyrogira* sp1 | - | 0,2 | 0,1 |
| *Spyrogira* sp2 | - | 0,0 | 0,3 |
| *Spyrogira* sp3 | - | 0,6 | 0,3 |
| *Spyrogira* sp4 | - | 0,6 | 0,2 |
| *Staurastrum aculeatum* Meneghini ex Ralfs | - | 0,1 | 0,2 |
| *Staurastrum johnsonii* West & West | - | 2,1 | 2,7 |
| *Staurastrum leptocladum* Nordstedt | 3,7 | 3,5 | 6,4 |
| *Staurastrum sebaldi* Reinsch | 0,6 | - | 1,3 |
| *Stigeoclonium* sp. | - | 0,1 | - |
| *Tetraspora gelatinosa* (Vaucher) Desvaux | - | 0,5 | 1,0 |
| *Volvox aureus* Ehrenberg | 0,3 | 0,3 | 0,4 |
| *Xanthidium antilopaeum* Kützing | - | - | 0,2 |
| Diversidade de Shannon (H') | **1,91** | **2,95** | **2,89** |
| Equitabilidade (J) | **0,67** | **0,77** | **0,76** |
| Dominância de Simpson (ʎ) | **0,22** | **0,07** | **0,08** |

Observando os dados levantados na III Expedição (2020) com relação a II Expedição (2019), não houve mudanças significativas com relação aos grupos de microalgas, apenas o aparecimento de espécies filamentosas pertencentes aos grupos das cianobactérias e clorofíceas, de uma maneira geral, as bacilariofíceas e clorofíceas predominaram nas duas expedições realizadas, características estas comum de ambientes lóticos. Porém, pode-se observar uma predominância de espécies de cianobactérias com relação a abundância (*Arthrospira platensis* Gomont e *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing) com 31,1% e *Ceratium furca* (Ehrenberg) Claparède & Lachmann (12%), que contribuíram com a diminuição da diversidade de Shannon, Dominância e Equitabilidade das espécies no município de Piranhas/AL (Tab. 1).

Apesar da boa representatividade de espécies pertencentes aos grupos das clorofíceas e diatomáceas até o presente momento, os mesmos não tiveram boa representatividade com relação a densidade de células nas amostras analisadas. Podendo destacar a grande dominância de cianobactérias e em seguida os dinoflagelados presentes nas amostras coletadas, contribuindo significativamente na densidade fitoplanctônica (Fig. 1).

**Figura 1**. Densidade de células (ind.mL$^{-1}$) do microfitoplâncton do Baixo São Francisco (Alagoas e Sergipe), nos municípios de Piranhas-AL e Pão de Açúcar-AL.


2000
1750
1500
1250
1000
750
500
250
0
ind.mL-1
Cyanobacteria
Bacillariophyta
Dinophyta
Chlorophyta
Grupos Algais

Diante da importância ecológica da comunidade fitoplanctônica em ambientes lóticos, estudos da dinâmica dos ecossistemas aquáticos, tornam-se essenciais para o manejo e gerenciamento dos sistemas hídricos visando à proteção dos mananciais, e requer conhecimentos sobre a atuação desses organismos que influenciam diretamente na qualidade da água.

Diante o cenário atual, observamos uma maior riqueza de Chlorophyta (algas verdes) e Bacillariophyta (diatomáceas), grupos comuns em ambientes lóticos que indicam condições de ambientes oligo a mesotróficos. Podemos destacar ainda a abundância e densidade de células com relação as Cyanobacteria (cianobactérias) e Dinphyta (dinoflagelados), onde a intensidade e frequência de pouquíssimas espécies desses grupos, estão ligados a florescências fitoplanctônicas (*blooms*) e estando intimamente associada às condições eutróficas, prejudicando assim, a qualidade da água do manancial e seus diversos usos (navegação, recreação, abastecimento, irrigação, etc.) oferecendo riscos à saúde pública.

Essa observação até o presente momento, pode estar ligado ao aumento da vazão e consequentemente o aumento de nutrientes disponíveis, condições ideias para o favorecimento desses grupos.

## 17 - ULTRASSONOGRAFIA NA AVALIAÇÃO REPRODUTIVA E DE QUALIDADE DA CARNE DO PESCADO

Bons rendimentos musculares e de filés relacionam-se a animais bem alimentados com satisfatório ganho de peso corporal; A qualidade física é dada pela textura da carne que envolve tipos e feixes de fibras musculares passíveis pela ultrassonografia e a coloração da carne. A técnica possibilita estimar a composição quimica da carne através das proporções dos tecidos que compõem a carcaça (SANT´ANA, et al 2019); detectar nematóides na musculatura de peixes e presença de espinhas “y” para programas de melhoramento genético (PERAZZA et al, 2017).

A sexagem de alevinos é praticada em algumas espécies com dimorfismo sexual precoce, como o salmão até 8 cm de comprimento corporal, possibilitando a formação e

lotes mais homogêneos em desenvolvimento. Fêmeas de tilápia, tambaqui, surubins e cachara apresentam ganhos de peso até 25% superior o que representa precocidade, eficiência de ganho a menor custo e de conversão em proteína animal disponível ao consumidor. Segundo Burtle et al. (2003) da sexagem de alevinos até sua maturidade sexual, momento em que é possivel a sexagem por características secundárias, proporciona uma economia para o produtor de US$ 5,00 por peixe. A técnica vem a calhar com futuros projetos de cultivo de peixes em sistemas fechados intensivos e sustentáveis onde se possa aproveitar a tecnologia da sexagem.

Foram avaliados 37 peixes coletados nos municipios de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipú, Propiá, Neópolis, Penedo, Piaçabuçu, sediandos as margens do Rio São Francisco no trecho de Piranhas à Foz do Rio São Francisco, durante a III Expedição Cientifica embarcada do Rio Sao Francisco.

Os animais foram submetidos a avaliação *in vivo* por ultrassonografia mantendo-se o peixe dentro d'água afim eliminar qualquer interferência do ar na imagem gerada, proporcionando uma maior nitidez. Utilizou-se o ultrassom modelo EXAGO IMV, probes lineares B-Mode em freqüências de ondas sonoras entre 5,0 a 10,0 Mhz (detalhes e peixes pequenos) e 2,5 e 5,0 Mhz (peixes grandes). A opção da probe esteve diretamente relacionadas com a capacidade de reflexão de ondas no tecido do peixe, a composição corporal e a estrutura a ser visualizada.

Foram tomadas imagens da região ventral afim de se identificar a fase da maturação gonadal; e na região dorsol lombar, na altura da nadadeira dorsal, afim de se estimar a avaliação dos rendimentos musculares. Espécimes em estagio avançado de maturação eram devolvidas ao ambiente. Das espécimes destinadas a biometria e coleta de amostras realizou-se a leitura do filé na região mediana utilizando-se Colorimetro DeltaColor acoplado a ângulo 11mm Delta Vista e os dados tabulados em software i7. O sistema mais popular para a medição instrumental da cor nos alimentos é o sistema CIE L*a*b*, recomendado pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE). L* representa luminosidade, 0 → preto e 100 → branco/luminoso), o a* reflecte a dimensão verde/vermelho (a* < 0 significa intensidade no verde e a* > 0 significa intensidade no vermelho) e o b* a dimensão azul/amarelo. A cor é uma característica tridimensional da aparência que consiste do atributo da luminosidade (L*) e dois atributos cromáticas, ou seja, hue (h*) e croma (c*).

Utilizou-se tecnologias práticas, não invasivas, portáteis e eficientes para a avaliação da qualidade física dos peixes do Rio São Francisco durante a expedição cientifica.

A avaliação do estágio reprodutivo/maturidade gonadal das espécies é de fundamental importância para identificar a fase reprodutiva de espécies específica em seu respectivo período de defeso validando assim, hipóteses de pescadores sobre a necessidade de prolongamento do período de defeso para reprodução satisfatória de algumas espécies.

As 37 fêmeas estavam, em sua maioria ovadas, 92% dos espécimes coletadas sendo 82% em estágio avançado, corroborando com o quadrimestre de defeso da pesca de novembro a fevereiro.

Através da ultrassonografia avaliou-se com precisão a maturação reprodutiva do Bagre Branco, *Genidens barbus*, 45 cm. Capturado na região de Piaçabuçu foram quantificados 38 ovos de 1,5 cm de diâmetro e outros 2 estágios da maturação ovocitária (Figura 1).

Figura 1. Ovos maduros e bexiga natatória do bagre branco em imagens de ultrassonografia (a) e em secção corporal (b, c) Fotos Cavali, 2020. Representação de imagens do corte transversal em mesa digitalizadora (d) Foto Silva J.V, 2020.

Os bagres apresentam importante característica de resistência ás oscilações hídricas, em geral conseguem suportar baixos níveis de oxigênio (até 1 hora), possuem estruturas respiratórias diferenciadas (Figura 1c), reproduzem-se em aguas mais quentes e paradas, característica das aguas sob baixa vazão como as do baixo rio são Francisco. Contudo, o *G. barbus* consta na lista do Ministério do Meio Ambiente como espécie em perigo (EN) de extinção pois apresentam baixa fecundidade comparado a outros teleósteos, de 32 a 272 ovócitos e maturação sexual aos 8,5 a 9 anos. Segundo Mendonça, Balanin, Garrone-Neto (2020) o número de ovos produzidos pelos Genidens cresce linearmente (8 a 52 por ciclo) em função do tamanho corporal (22 a 47cm), do peso total e do peso das gônadas onde grandes ovócitos representam alto esforço reprodutivo. Os machos desta espécie possuem cuidado parental e realizam a incubação orofaringeana de ovos e alevinos (MACIEL, VAZ-DOS-SANTOS, VIANNA 2018).

A avaliação do *Hipostomus sp* corroborou com dados de Bueno, Oliveira, Chellappa (2017) com 25% dos ovocitos maduros de 3mm de diâmetro médio e outras três fases de ovócitos vitelogênios para a prolífera desova parcelada da espécie

(ZAWADZKI, 2019).

Figura 2. Vista ventral do cascudo (*Hipostomus sp)* madura avaliada no Baixo Rio São Francisco. Fotos Cavali, 2020

A pilombela-branca, *Anchoviella lepidentostole*, é de grande relevância na manutenção da cadeia alimentar, especialmente por servir de alimento para diversas espécies piscívoras. Já esteve entre as três espécies mais abundantes no Rio São Francisco, microrregião de Penedo (BARBOSA, SOARES, 2009). A espécie é muito apreciada na culinária pelo sabor característico, especialmente quando na fase reprodutiva em função do aumento no teor de gordura visceral e intramuscular responsável. Contrapondo a redução de umidade do tecidos, os teores de proteina (17,1% *vs* 19,4%),

lipidios (3,5% *vs* 6,7%), minerais e fosforo aumentam consideravelmente para machos e fêmeas nos estagios gonadais comparado a fase imatura (GIAMAS, VERMULM JR, TAKINO, 1985) pondo a pilombeta em condição de vulnerabilidade de extinção.

Figura 4. Imagem transversal (a) e longitudinal (b) por ultrassonografia e corporal (c) da *Anchoviella lepidentostole*. Fotos Cavali, 2020

Através da ultrassonografia é possível identificar o par do musculo sonoro (Figura 5a,b azul), desenvolvido na maioria dos machos de Cianidios em fase de reprodução, além das estruturas de testículos (Figura 5a verde) evidenciadas pela ultrassonografia. O musculo sonoro é importante para atrair da fêmea da pescada amarela e desenvolve-se em sincronia com as gônodas nos machos (BORIE; BATALHA, CHAO 2018).

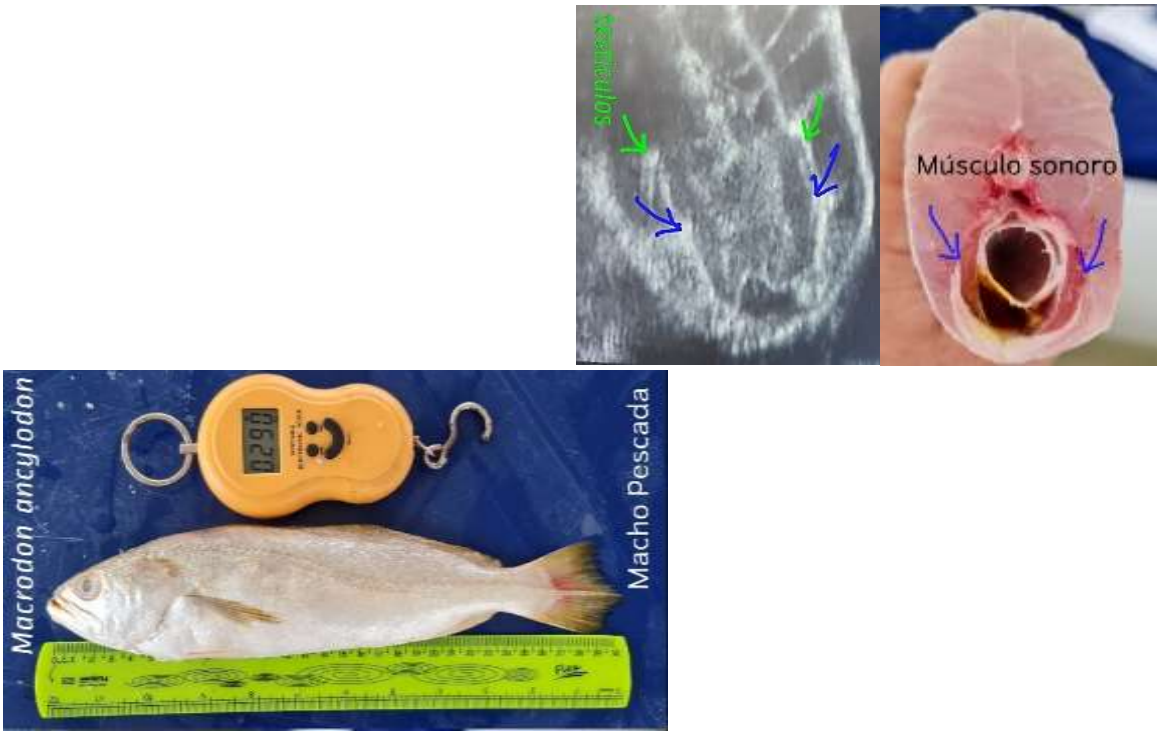



Figura 5. Detalhes do músculo sonoro do *Macrodon ancylodon* macho, observado por ultrassonografia (a) e validado em secção corporal transversal (b). Fotos Cavali, 2020

A técnica de ultrassom permite avaliar a qualidade de matrizes reprodutivas, a exemplo da Xira ou curimatã-piau, *Prochilodus argenteus* (Figura 6a) uma das espécies mais apreciadas pelos pescadores do Rio São Francisco, pelo tamanho, média 8 kg, e qualidade da carne. As imagens permitem estimar o tamanho da maturação gonadal (média 30 cm em fêmeas) (Figura 6b, c) e a biomassa de ovos.

O emprego da ultrasonografia para avaliação e detecção do estágio de maturação gonadal pode gerar melhorias nos índices reprodutivos em protocolos de desova induzida em peixes de piracema, uma vez que pode ser possível a identificação do momento exato de início do protocolo de indução. A técnica permite monitorar a eficiência de desova induzida (total ou parcial) (Figura 6d) nos centros de reprodução de alevinos, a qualidade da matriz (tamanho da maturação gonadal, biomassa e maturidade de ovos, resposta hormonal) e a eficiência reprodutiva.

Em sua maioria as fêmeas avaliadas estavam em estágio avançado de maturação sexual estando condizente ao período de defeso estabelecido para a desova nas condições do baixo do rio são Francisco. Contudo, a desova desta espécie está diretamente relacionada as condições ambientais ideias que oscilam em função da vazão hídrica sendo

comum encontrar xiras e pioas reabsorvendo suas ovas entre março/abril (CAVALI et al, 2019). Segundo Boncompagni Jr (2013) o índice gonadossomático da Xira tem alta correlação (r = 0,84 fêmeas e r = 0,95 machos) com a precipitação pluviométrica.

Figura 6. *Prochilodus argenteus* em estágio avançado de maturação (a), imagens da ultrassonografia no sentido longitudinal (b) e transversal (c). Resíduo de desova parcial após extrusão (d). Fotos Cavali, 2020

Avaliando matrizes de Piau foi possível observar relação das doses hormonais ao estágio de maturação gonadal e que a aplicação de doses hormonais em matrizes em estágio avançado provoca "empedramento de ovócitos", facilmente observado pelas imagens de ultrassom, impedindo a extrusão dos ovos podendo levar a morte das matrizes. Comportamento semelhante foi relatado ao *Piaractus mesopotamicus* (KURADOMI, FORESTI, BATLOUNI, 2017). Para tanto, faz-se necessário seleção de matrizes de qualidade e monitoramento no manejo reprodutivo por ultrassonografia.

Avaliação do rendimento muscular e presença de espinhas

Alguns constituintes corporais, como gorduras e água, podem ser determinados pela mensuração da velocidade de propagação das ondas de baixa intensidade geradas

pelo ultrasson através deles possibilitando fornecer informações sobre a concentração, localização, composição estrutural e física de componentes específicos dos tecidos corporais.

Bosworth et al. (2001) comparam imagens transversais de ultrassom de 30 bagres-do-canal, 535 a 967 gramas, às medições nos cortes transversais musculares obtendo altas correlações entre as medidas da área da musculatura desses peixes (r= 0,84 a 0,94). Crepaldi et al (2008) avaliaram 34 surubins híbridos de 2,5kg e 1,5 kg em três regiões corporais definindo pontos que melhor se correlacionaram aos rendimentos de carcaça sendo possivel selecionar potenciais reprodutores por meio de avaliação por ultrassonografia.

Bons rendimentos em tecido muscular estão relacionados a qualidade da dieta/alimentação disponivel, a idade e a fase reprodutiva da espécie em função das alterações fisiologicas. As imagens ultrassonográficas tomadas nas espécimes do Rio São Francisco apresentaram grande variação quanti-qualitativa da musculatura devido a diversidade de espécies e respectivo habito alimentar. Espécies de hábito alimentar especialista como os carnívoros e pouco migradoras a exemplo do Pacamã, *Lophiosilurus alexandri*, espécie nativa endêmico da bacia do Rio São Francisco, tendem a maior susceptibilidade a restrição alimentar em ambientes com baixa disponibilidade de alimentos vivos (TAKATA et al., 2014) o que dificulta a sobrevivencia das larvas nas aguas do Rio São Francisco, apesar deste ser adaptado à baixa frequência alimentar (DOS SANTOS et al., 2016). A espécie é classificada como vulnerável pela Portaria N° 445 no Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2014).

A musculatura do Pacamã apresenta-se bem definida nas imagens tomadas pelo ultrassom podendo-se notar miótomos bem definidas (Figura 7c) e ausência de espinhos intramusculares. A espécie é muito apreciada na culinária regional por apresentar cortes grandes, alto rendimento de filé, carne de textura macia e muito saborosa. O índice gonodossomatico de 2 a 3% em espécime de 2 kg de peso corporal (Figura 7b). A temperatura ideal da agua para o desenvolvimento de juvenis pacamãs 30,6 g é de 27,8 °C (COSTA et al., 2016).

Figura 7. Avaliação da Pacamã, *Lophiosilurus alexandri* (a) fêmea e estágio avançado de maturação (b), e musculatura do macho (c). Fotos Cavali, 2020

Temperaturas superiores a 29,4°C promovem o aumento do número de células vermelhas do sangue e do pigmento responsável pelo transporte de oxigênio, provavelmente devido aos menores níveis de oxigênio dissolvido na água. Tais caracteristicas alteram a cor da carne em função da concentração de mioglobina muscular.

As condições do ambiente, como temperatura e oxigenio disponivel, além da alimentação disponivel, influenciam no eficiencia metabólica e deposição de tecidos na carcaça. Os pacamãs provenientes do rio São Francisco apresentaram teor de proteínas de 17%, lipídeos 1,44 ± 0,72 % melhor razão n-6/n-3 (0,67 ± 0,04); maiores teores de EPA (3,74 ±1,25) e DHA (6,52 ± 2,85) e teor de ácido oléico acima de 20% (C18:1) comparado aos de cultivo com 2,66±0,36% de lipidios (SANT´ANA, et al 2019).

A ultrassonografia permite determinar o conteúdo corporal dos peixes através da opacidade dos tecidos substituindo métodos laboratoriais onerosos e destrutivos para a determinação de componentes centesimais. Crepaldi; Rotta (2007) avaliou o conteúdo de umidade dos filés e a influência da gordura, umidade e sólidos não gordurosos na velocidade do ultrasom em tecidos de bacalhau do Atlântico (*Gadus morhua*), concluindo que a velocidade do ultrassom cai linearmente com o aumento da umidade dos filés.

Para o tambaqui os estudos têm sido direcionados à acurada estimativa que correlacione (r = 0,61) a musculatura da secção medial corporal, o número e distância entre as costelas ao maior rendimento de carne para programas de melhoramento genético (PERAZZA et al, 2015). Considerando a herdabilidade média 0,16 a peixes de ganho genético anual de 4,971%, estima-se aumentar a média da área muscular de 5,82cm2 na geração parental para 6,687 cm2 na F1, e ganhos significativos em quantidade de carne no lombo do tambaqui (PERAZZA et al, 2017). Assim como, na identificação através da ultrassonografia, de matrizes sem a presença das espinhas intramusculares “Y”, que permite eficiência de 13% de rendimento de filé no processamento industrial.

Colorimetria na avaliação do Pescado

Os peixes adquirem seus carotenóides alimentando-se de pequenos crustáceos e outros invertebrados. A maioria dos peixes acumula os carotenóides no seu tegumento e gónadas.

A carne dos machos tendem a apresenar maior intensidade no verde-amarelado (a*b*); já as fêmeas menor saturação (c*) as cores e luminosidade da carne (L*) (Figura 1a,b)

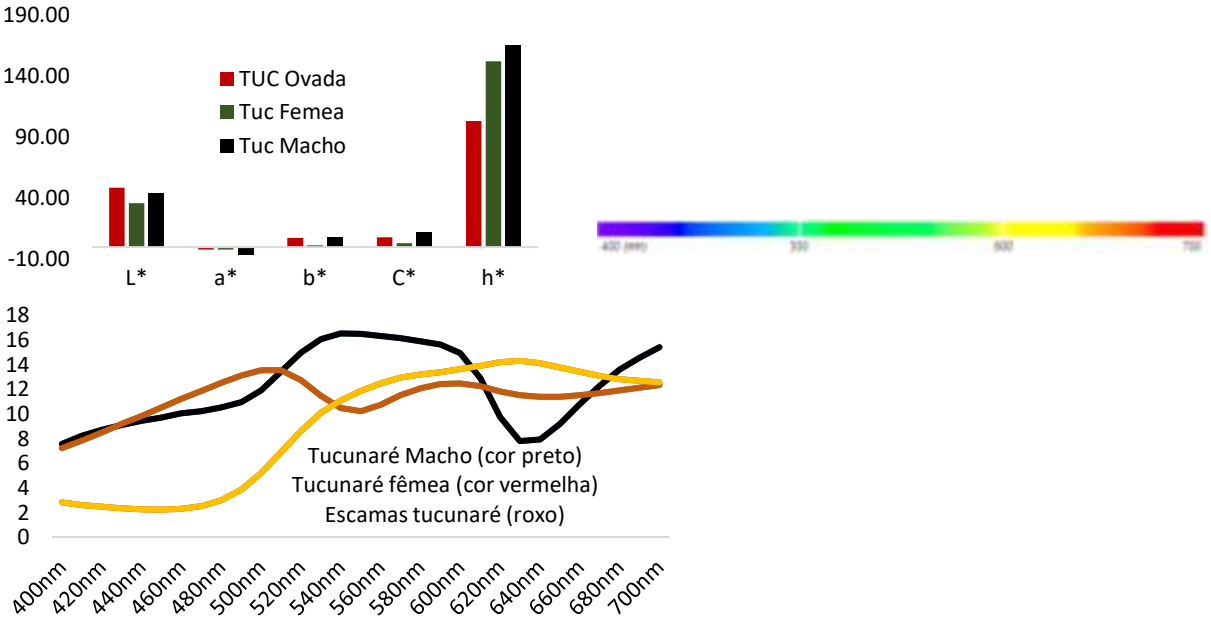



Figura 8. CIElab (a) e tendência espectral (b) da Cor da carne (do tucunaré em função do sexo e fase reprodutiva

Fêmeas de Pirambeba, especialmente ovadas apresentaram maior intensidade e saturação na cor verde-amarelo (b*) e maior luminosidade, comparado aos machos de cor de carne mais estavel (Figuras 9a,b).

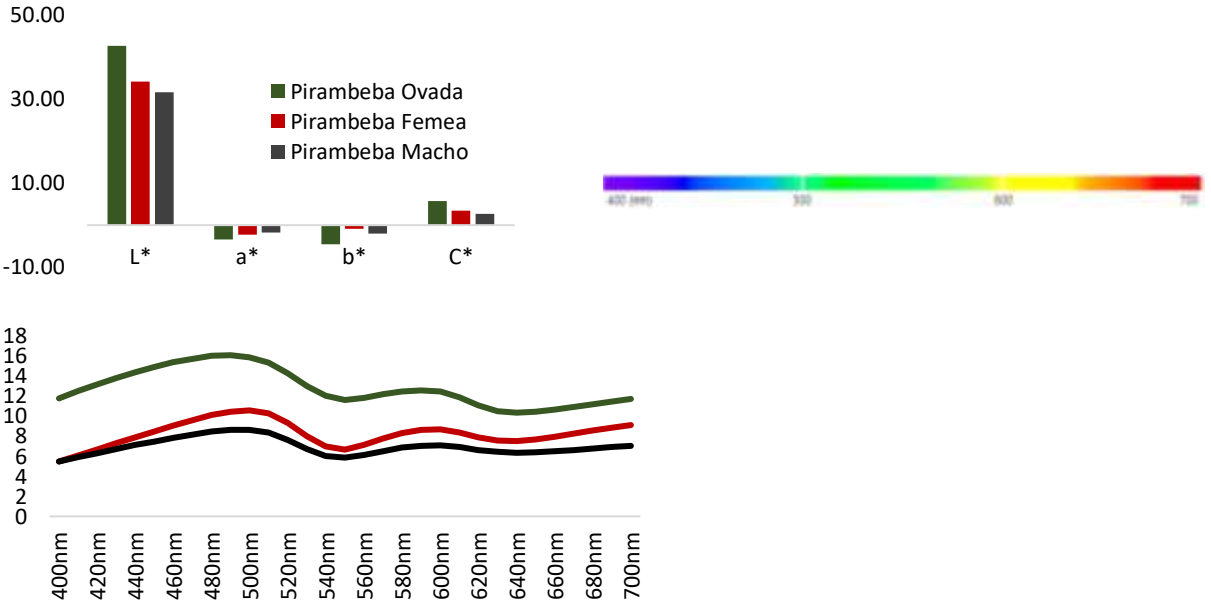



Figura 9. CIElab (a) e tendência espectral (b) da Cor da carne da Pirambeba em função do sexo e fase reprodutiva

As oscilações mais acentuadas na cor da carne de fêmeas relacionam-se as translocações dos carotenóides, que acumulam-se especialmente nos lipidios, á formação dos ovos. Logo, a intensidade da cor da carne em fêmeas está diretamente relacionada a fase reprodutiva e a coloração dos ovocitos maduros caracteristica da espécie.

Figura 10. Avaliação colorimétrica da cor da carne do Tucunaré (a) e Coloração das gônadas maduras de diferentes espécies de peixes (b) do Rio São Francisco.

Os carotenóides têm ainda influência na reprodução, estabilidade de proteínas e fotoprotecção e são também uma fonte precursora da vitamina A e minerais (Shahidi et al., 1998; Gouveia & Empis, 2003). O padrão de pigmentação da pele e carne pode ser considerado como um índice de bem-estar animal em espécies de aquacultura e um factor de consideração económica (PAVLIDIS et al., 2006). Os peixes de aquicultura apresentam coloração mais escura, menor valor de L* (p quando comparados com os peixes selvagens e podem estar relacionadas a diferenças de umidade e lipídeos. Resultados semelhantes foram encontrados para robalo (FUENTES et al., 2000).

## Conclusão

A ultrassonografia permite avaliar a diversidade de espécies de peixes do Rio São Francisco quanto as características reprodutivas e estimar sobre aspectos comportamentais e nutricionais que se correlacionam aos rendimentos musculares e cor da carne